



# FASZINATION ELEKTRONIK

## DAS KOMPENDIUM

DIE WICHTIGSTEN TECHNOLOGIE-TRENDS  
DIE WICHTIGSTEN ANBIETER



# Offen für alles Außer für Kompromisse

Im Zeitalter des autonomen Fahrens steigt der Aufwand an Entwicklung und Validierung sprunghaft an. Es wird immer wichtiger, die Systeme effizient ins Automobil zu integrieren – ganz ohne Kompromisse bei Funktionalität, Sicherheit und Qualität. Mit den offenen und skalierbaren Lösungen von ETAS treffen Sie die richtige Wahl. Umso mehr, wenn Sie offen sind für eine effiziente Entwicklung: Wir begleiten Sie kompetent von Beratung und Design über Test und Validierung bis hin zur Integration der Software am PC, im Labor und im Fahrzeug. Überzeugen Sie sich selbst auf [www.etas.com/solutions](http://www.etas.com/solutions)

**ETAS**

# INHALT

---

**ANBIETER (BUSINESS-PROFILE)** ab S. 13

---

**FOKUSTHEMA: PREDICTIVE MAINTENANCE** ab S. 53

---

**PASSIVE BAUELEMENTE** ab S. 61

---

**EMBEDDED-SYSTEME & MIKROCONTROLLER** ab S. 73

---

**ENTWICKLUNGSTOOLS** ab S. 103

---

**PROTOTYPING** ab S. 115

---

**VERBINDUNGSTECHNIK & WIRELESS** ab S. 125

---

**ELEKTROMECHANIK** ab S. 141

---

**STROMVERSORGUNG & LEISTUNGSELEKTRONIK** ab S. 153

---

**DISTRIBUTION & DIENSTLEISTUNG** ab S. 177

---

**SOFTWARE & SECURITY** ab S. 189

---

**DISPLAYS & HMI** ab S. 201

---

**VERZEICHNISSE** ab S. 213

# Partner-Board

Am E&E-Kompendium 2019 haben mitgewirkt:





cādence® CODICO®



PERFORCE



## ALLGEMEINES

<b>3</b>	<b>Inhaltsstruktur</b>	<b>12</b>	<b>Vorwort</b>	<b>217</b>	<b>Impressum</b>
<b>4</b>	<b>Partnerboard</b>				

## BUSINESS-PROFILE



BILDQUELLE: ISTOCK; BLUEJAYPHOT

<b>14</b>	<b>Arrow Central Europe</b>	<b>27</b>	<b>Fuji Electric Europe</b>	<b>40</b>	<b>Recom Power</b>
<b>15</b>	<b>Austerlitz Electronic</b>	<b>28</b>	<b>Garz &amp; Fricke</b>	<b>41</b>	<b>Rogers Germany</b>
<b>16</b>	<b>b-plus</b>	<b>29</b>	<b>Harting</b>	<b>42</b>	<b>Rübsamen &amp; Herr</b>
<b>17</b>	<b>Cadence</b>	<b>30</b>	<b>Heitec</b>	<b>43</b>	<b>Rutronik</b>
<b>18</b>	<b>Codico</b>	<b>31</b>	<b>Hilscher</b>	<b>44</b>	<b>Semikron</b>
<b>19</b>	<b>Conrad Electronic</b>	<b>32</b>	<b>Hy-Line Computer Components</b>	<b>45</b>	<b>Swissbit</b>
<b>20</b>	<b>Data Modul</b>	<b>33</b>	<b>Insys icom</b>	<b>46</b>	<b>Sylogic</b>
<b>21</b>	<b>dataTec</b>	<b>34</b>	<b>Kingbright Electronic</b>	<b>47</b>	<b>Tianma Europe</b>
<b>22</b>	<b>Deutronic Elektronik</b>	<b>35</b>	<b>Maxon Motor</b>	<b>48</b>	<b>TQ-Systems</b>
<b>23</b>	<b>Elektrosil</b>	<b>36</b>	<b>Mitsubishi Electric Europe</b>	<b>49</b>	<b>Traco Electronic</b>
<b>24</b>	<b>Elma Electronic</b>	<b>37</b>	<b>Mornsun Power</b>	<b>50</b>	<b>Turck duotec</b>
<b>25</b>	<b>ETAS</b>	<b>38</b>	<b>Mouser Electronics</b>	<b>51</b>	<b>Wima</b>
<b>26</b>	<b>Fischer Elektronik</b>	<b>39</b>	<b>Phoenix Testlab</b>	<b>52</b>	<b>wts electronic components</b>

## FOKUSTHEMA: PREDICTIVE MAINTENANCE



BILD-SPONSOR: INSYS ICOM

<b>54</b>	<b>Erst das Was, dann das Wie klären</b> Ziele von Predictive Maintenance müssen klar definiert werden, um effizient zu sein	<b>58</b>	<b>Sicher abblitzen lassen</b> Vorausschauende Fernwartung von Blitzschutzgeräten
<b>55</b>	<b>Prädiktive Instandhaltung und das IoT</b> Vor- und Nachteile prädiktiver Wartung und Instandhaltung in Zeiten instabiler Preise und Budgets		

## PASSIVE BAUELEMENTE



BILD-SPONSOR: WÜRTH ELEKTRONIK EISOS

- 62 Im Rampenlicht**  
Die elektronischen und elektromechanischen Bauelemente von Würth Elektronik eiSos
- 
- 64 Kleine Bauteile mit großem Einfluss**  
Miniaturisierung ist mit Vorsicht zu genießen, denn diese hat einen großen Einfluss auf die Kapazität
- 
- 65 Sicherheit versus hohe Stückzahlen**  
Die Elektronik von Autos vor äußeren Einflüssen schützen
- 
- 68 Leistungswiderstände für E-Mobility**  
Drahtgewickelte Leistungswiderstände über die Leistung zu spezifizieren, ist unzureichend bei Elektromobilität
- 
- 71 Kondensatoren für Offshore-Einsätze**  
Spezielle Verkapselung für Einsatz unter rauen Wetterbedingungen
- 

## EMBEDDED-SYSTEME & MIKROCONTROLLER



BILD-SPONSOR: TQ-SYSTEMS

- 74 Im Rampenlicht**  
TQ-Systems baut Stärken von Embedded-Modulen weiter aus
- 
- 76 Neue Speicher für neue Technik**  
IoT, KI und AR benötigen höhere Rechenleistung und bessere Speicher
- 
- 79 Kompakte Industrie-PCs nach Maß**  
IPC-Bausätze bieten Alternative zum Do-it-Yourself-Verfahren
- 
- 82 Direkte Analyse im Fahrzeug**  
19-Zoll-Server für die Entwicklung von Algorithmen und Künstlicher Intelligenz für autonomes Fahren
- 
- 85 Smarte USB-C-Verbindung**  
Welche Fallstricke Embedded-System-Entwickler bei USB-C vermeiden sollten
- 
- 88 IIoT – Die Mischung macht's**  
Eine ausgewogene Mischung von Edge-, Fog- und Cloud-Computing als Erfolgsrezept
- 
- 91 Raue Umgebungen meistern**  
Wie Rugged-COM-Express-Standards Prozesstechnik auch bei hohen Anforderungen schützen
- 
- 93 Rauschen senken, Kollision vermeiden**  
Scharfes Sichtfeld für autonome Fahrzeuge durch Bewegungs- und Umweltsensoren
- 
- 96 FPGAs auf dem Weg in die Cloud**  
Die Anforderungen an moderne Dienste steigen durch das IoT
- 
- 99 Gateways für IoT und Industrie 4.0**  
ARM-Prozessorarchitekturen zeichnen sich durch ihre Rechenleistung bei niedriger Verlustleistung aus
- 
- 101 One-for-all alias USB-C**  
Designaspekte erfordern USB-Type-C für eine höhere Auflösung und weniger Schnittstellen
-

## ENTWICKLUNGSTOOLS



BILD-SPONSOR: ETAS

- 104 Im Rampenlicht**  
Mit Tools von ETAS elektronische Systeme in Fahrzeugen prüfen
- 
- 106 Verifikation für schnellen Einsatz**  
Aggressiven Zeitplänen von System-on-Chip-Designs standhalten
- 
- 109 Digitale Zukunft fordert Agilität**  
Entwicklung und Produktion verlangt nach agilen Entwicklungsmethoden
- 
- 112 Flexible Plattform für smarte Autos**  
Cosym-Plattform hilft Fahrzeugen dabei, ihre Umwelt wahrzunehmen und darin zu agieren
- 

## PROTOTYPING



BILD-SPONSOR: TURCK DUOTEC

- 116 Im Rampenlicht**  
Bei der Elektronikentwicklung kommt es nicht mehr nur auf Funktionen, sondern auch auf die Gehäuse an
- 
- 118 Funktion und Ästhetik von Gehäusen**  
Schutz und Design müssen bei Elektronikgehäusen Hand in Hand gehen
- 
- 119 Onboard-Kommunikation**  
Vernetzung von Systemen in Autos verlangt nach umfassenderem Schutz
- 
- 122 Sensorik für autonomes Fahren**  
Neue Generation von Sensoren soll Autos das Sehen ermöglichen
- 

## VERBINDUNGSTECHNIK & WIRELESS



BILD-SPONSOR: ODU

- 126 Im Rampenlicht**  
Robuste Kontakt- und Steckverbindersysteme von ODU
- 
- 128 Industrie-4.0-Steckverbinder**  
Steigerung der Produktivität erfordert Reduzierung von Gewicht und Platzbedarf
- 
- 129 Eine smarte Verbindung**  
DisplayPort schafft Kombination von Bandbreite und Flexibilität
- 
- 132 Modularer Überspannungsschutz**  
Steckverbinder für eine leistungsfähige Übertragung von Signalen der Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik
- 
- 134 Digitalisierung bedarf Vernetzung**  
Vernetzung aller Maschinen zur automatisierten Datenerfassung
- 
- 136 Anschließen im Handumdrehen**  
Warum Leiterplattenanschlüsse funktionskritische Komponenten für hochautomatisierte Anlagen sind
- 
- 138 Bluetooth 5 in der Industrie 4.0**  
Neue Einsatzmöglichkeiten werden relevant für industrielle IoT-Anwendungen
-

# WIR LADEN SIE EIN: Gestalten Sie das **E&E-Kompendum 2019/20** mit!



Das E&E-Kompendum bildet einmal jährlich die **wichtigsten Technologie-Trends** der Elektronikbranche und deren Anbieter ab. Es erscheint 2019 bereits im 16. Jahrgang. Als Autor eines Fachbeitrags verdeutlichen Sie die Kompetenz Ihres Unternehmens und vermitteln der Fachwelt innovative Produktlösungen und zukunftssträchtige Konzepte aus Elektronik & Entwicklung.



Jetzt Beitragsvorschlag einreichen: [www.publish-industry.net/media/EuE/CfP2.pdf](http://www.publish-industry.net/media/EuE/CfP2.pdf)  
Einsendeschluss für Kurzfassungen: **12.02.2019**

## ELEKTROMECHANIK



BILD-SPONSOR: FISCHER ELEKTRONIK

- 142 Im Rampenlicht**  
Wie individuelle Gehäuse Elektronik optimal kühlen und schützen
- 
- 144 Individuelle Entwärmungskonzepte**  
Mit integrierten Kühlrippen Überhitzung von Elektronik verhindern
- 
- 145 Gehäusetechnik für mobilen Einsatz**  
Sicherheitsmechanismen zum Schutz vor Elektronikausfall
- 
- 148 Gehäuse ist nicht gleich Gehäuse**  
Welche Faktoren Ingenieure bei der Auswahl des richtigen Gehäuses berücksichtigen sollten
- 
- 150 Universelle Kühlkörpergestaltung**  
Thermisches Management bei steigenden Leistungsdichten und immer kleineren Packungsdichten
- 

## STROMVERSORGUNG & LEISTUNGSELEKTRONIK



BILD-SPONSOR: MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE

- 154 Im Rampenlicht**  
Leistungshalbleitermodule von Mitsubishi Electric Europe ermöglichen einen reduzierten Entwicklungsaufwand
- 
- 156 EMV-Verhalten von Speicherinduktivitäten**  
Elektromagnetische Abstrahlungseigenschaften von DC/DC-Schaltreglern werden häufig ignoriert
- 
- 160 Mehr drinnen: Lithium-Ionen-Batterien**  
Leistungspotential von Batterien besser diagnostizieren und ausschöpfen
- 
- 163 Energieeffiziente Sensoren für das IoT**  
Lebensdauer der Sinnesorgane des Internet of Things
- 
- 166 Unbändiger Leistungshunger**  
Thermisches Gefahrenpotential der erhöhten Leistungsdichte in Autos
- 
- 168 MOSFET-Regler heben Leistungsdichte**  
Funktionsdichte von ICs führt zu effizienteren Lösungen hinsichtlich Größe und Stromaufnahme
- 
- 171 Günstig kabellos laden**  
Kapselung von Leistungssender und Leistungsempfänger vereinfacht Gehäusetechnik
- 
- 174 Moderne SiC/GAN-Leistungswandler**  
Kleine und effiziente Leistungswandler, die Servo-Antriebe ansteuern können
- 

## DISTRIBUTION & DIENSTLEISTUNG



BILD-SPONSOR: RUTRONIK

- 178 Im Rampenlicht**  
Komplette Anwendungen schnell und einfach mit Rapid-IoT-Entwicklungskits aufbauen
- 
- 180 Die Distribution muss sich neu erfinden**  
Aufgrund disruptiver Technologien ist ein Umdenken erforderlich
- 
- 181 Outsourcing: Die Make-or-Buy-Decision**  
Profitabel agieren, schneller amortisieren und die Produktion zeitsparend etablieren
- 
- 184 Gutes Handling, effiziente Fertigung**  
Die Entwicklung mit der Dokumentation proaktiver Schritte unterstützen
- 
- 186 Combined Equipment in Europa**  
Wie sich Funkbaugruppen am besten in Geräte integrieren lassen
-

## SOFTWARE & SECURITY



BILDQUELLE: ISTOCK; MF3D

### 190 Schluss mit Buffer Overruns

Neue Ansätze, um ein zentrales Einfallstor für Angreifer zu schließen

### 193 Höchster Schutz durch Verschlüsselung

Daten vor Cyberkriminellen mit hardwarebasierten Mechanismen schützen

### 195 Sicher booten und kommunizieren

Softwarelösungen allein bieten keinen ausreichenden Schutz für Embedded-Systeme im IoT

### 198 Mehr Sicherheit mit Security-by-Design

Durch die Digitalisierung steigen auch die Sicherheitsanforderungen

## DISPLAYS & HMI



BILD-SPONSOR: GARZ &amp; FRICKE

### 202 Im Rampenlicht

Die Displaylösungen von Garz & Fricke in einem anderen Blickwinkel dargestellt

### 204 Die Zukunft gehört dem Touch

Der Fingertouch ist nicht mehr wegzudenken

### 205 Virtuelle Bedientableaus

Sichere Alternative zu bisher genutzten Hardware-Bedientableaus

### 207 Displayveredelung mit Optical Bonding

Das passende Bonding-Verfahren für eine Anwendung finden

### 210 Die Laterne der Moderne

Städte werden smart und Lampenmasten zu Ladestationen

## VERZEICHNISSE



BILDQUELLE: ISTOCK; MPAFOTO

214 Autorenverzeichnis

217 Redaktionsbeirat

218 Stichwortverzeichnis

216 Firmenverzeichnis



## Was sind die Möglichkeiten der KI?

KI (Künstliche Intelligenz) – eigentlich ist die Erklärung in Klammern überflüssig – findet sich mittlerweile nahezu überall. Sie wird in der Industrie, dem Gaming oder in Form eines Chatbots eingesetzt. KI hat sich, bewusst und unbewusst, über die letzten Jahre in unseren Alltag geschlichen.

Auch Siri, einer der wohl bekanntesten Sprachassistenten, ist ein sogenannter Chatbot. An diese KI werden schon seit rund sieben Jahren im Durchschnitt über zwei Milliarden Anfragen pro Woche gerichtet. Die Fragen werden dann mittels Google beantwortet. Versteht Siri die Frage nicht, versucht sie, einen anderen Lösungsweg aufzuzeigen oder bittet den User aktiv, ihr beim Verstehen und der damit einhergehenden selbständigen Weiterentwicklung zu helfen.

Die Optimierung fängt bereits bei Kleinigkeiten an, etwa wenn ein Kontakt aufgrund der Aussprache im Adressbuch nicht gefunden wird. Der Algorithmus stellt dann dem iPhone-Nutzer die Frage, welcher Kontakt gemeint ist und wie dieser ausgesprochen wird. Siri merkt sich anschließend die Aussprache und findet den Kontakt künftig. Somit lernt

das System und optimiert sich selbst. Das Problem von KIs wie Siri: Ihr Wissen lässt sich nicht auf andere Anwendungsgebiete übertragen. Das macht den eigentlich so intelligenten Code zu einer schwachen KI. Vor allem für die Industrie ist es interessant, die schwache KI zu einer starken weiterzuentwickeln. Denn dieser wäre es möglich, das gewonnene Wissen auf einen anderen Bereich anzuwenden. Das bedeutet, sie könnte aus Prozessen lernen und das gewonnene Wissen auf andere damit in Verbindung stehende Prozesse oder völlig neue adaptieren. Die KI würde also, anders als der Mensch, in jedem Gebiet Experte sein und könnte Prozesse schneller und zielführender optimieren und auf andere Geschäftsmodelle übertragen.

Ich bin gespannt, wie lang die starke KI noch Science-Fiction bleibt, erste Ansätze gibt es schließlich bereits. Bis dahin wünsche ich Ihnen eine spannende Lektüre des E&E-Kompodiums 2019.

Anna Gampenrieder, E&E

# NETX 90

## ...IT'S ALL YOU NEED!



Kleinster Multiprotokoll SoC mit zusätzlichem Cortex-M4 Applikationsprozessor



Integrierte Security-Funktionen für sichere Feld- und Cloud-Konnektivität



Unterstützt alle Industrial Ethernet-, Feldbus- und IIoT-Standards



Energieeffizienter SoC mit geringster Verlustleistung



# BUSINESS-PROFILE



BILDQUELLE: ISTOCK; BLUEJAYPHOT

14	<b>Arrow Central Europe</b>	27	<b>Fuji Electric Europe</b>	40	<b>Recom Power</b>
15	<b>Austerlitz Electronic</b>	28	<b>Garz &amp; Fricke</b>	41	<b>Rogers Germany</b>
16	<b>b-plus</b>	29	<b>Harting</b>	42	<b>Rübsamen &amp; Herr</b>
17	<b>Cadence</b>	30	<b>Heitec</b>	43	<b>Rutronik</b>
18	<b>Codico</b>	31	<b>Hilscher</b>	44	<b>Semikron</b>
19	<b>Conrad Electronic</b>	32	<b>Hy-Line Computer Components</b>	45	<b>Swissbit</b>
20	<b>Data Modul</b>	33	<b>Insys icom</b>	46	<b>Syslogic</b>
21	<b>dataTec</b>	34	<b>Kingbright Electronic</b>	47	<b>Tianma Europe</b>
22	<b>Deutronic Elektronik</b>	35	<b>Maxon Motor</b>	48	<b>TQ-Systems</b>
23	<b>Elektrosil</b>	36	<b>Mitsubishi Electric Europe</b>	49	<b>Traco Electronic</b>
24	<b>Elma Electronic</b>	37	<b>Mornsun Power</b>	50	<b>Turck Duotec</b>
25	<b>ETAS</b>	38	<b>Mouser Electronics</b>	51	<b>Wima</b>
26	<b>Fischer Elektronik</b>	39	<b>Phoenix Testlab</b>	52	<b>wts electronic components</b>



### Firmenbeschreibung

Die Arrow Central Europe GmbH mit Hauptsitz in Neu-Isenburg bei Frankfurt/Main ist eine hundertprozentige Tochter von Arrow Electronics. Arrow mit Hauptsitz in Centennial, Colorado, ist ein globaler Anbieter von Produkten, Services und Lösungen für industrielle und kommerzielle Nutzer von elektronischen Komponenten und Computing-Lösungen für Unternehmen. Im Geschäftsjahr 2017 hat Arrow einen Umsatz von 26,6 Milliarden US-Dollar erzielt. Das Unternehmen hat ein umfangreiches Produktportfolio in den Bereichen analoge und digitale Halbleiter, passive und elektromechanische Bauelemente und bietet seinen Kunden auf Basis dieses Angebots technische Gesamtlösungen. Embedded-Lösungen bietet Arrow seinen Kunden über das Arrow Intelligent Systems Team an. Arrow bedient Unternehmen jeder Größe, darunter große Original Equipment Manufacturer (OEM) und EMS-Anbieter (Electronic Manufacturer Services) ebenso wie Ingenieur- und Entwicklerbüros. Zum Angebot zählen ebenfalls individuelle, auf Kundenbedürfnisse zugeschnittene logistische Dienstleistungen, die den gesamten Lebenszyklus einer Applikation abdecken. Kunden mit Bedarf an kleineren und mittleren Produktionsstückzahlen adressiert Arrow mit einem dedizierten Vertriebskanal: Arrow Advantage. Über die Plattform arrow.com können Einkäufer und Ent-

wickler Komponenten online beziehen und Designs in der Cloud konzipieren.

### Dienstleistungsportfolio

Als weltweiter Vertriebspartner von mehr als 150.000 Original- und Auftragsherstellern und Handelsunternehmen ist Arrow als „Logistik-Kompetenzzentrum“ bekannt und gilt als erste Wahl in der Lieferkette von elektronischen Bauteilen. Das Serviceportfolio von Arrow umfasst den gesamten Produktlebenszyklus, von der Entwicklung und Produktion über Reverse-Logistik bis hin zu End-of-Life und eröffnet den Kunden damit neue Möglichkeiten zur Wertschöpfung. Arrow bedient hochwertige, globale und komplexe Supply-Chains und Logistikaktivitäten.

### Technischer Support

Die Entwicklungsabteilungen seiner Kunden unterstützt Arrow mit Applikationsingenieuren, die eine technische Betreuung von der Produktidee bis zum produktiven Einsatz über den gesamten Lebenszyklus einer Anwendung leisten. Die Applikationsingenieure stehen Kunden bei Design-In-Projekten zur Verfügung. Der Design Support geht weit über die reine Produktauswahl hinaus. Entwickler-Programme wie Testdrive sind in der Industrie einzigartig.



HANI Entwicklungs-Board (HMI Arrow NXP IoT)



ARIS-EDGE-S3 Board (Arrow Renesas IoT Synergy)



*„Guiding Innovation Forward – Bei Arrow stehen Innovationen im Fokus.“*

Martin Bielesch, President  
EMEA Components, Arrow

**Gründungsjahr**  
1935

### Produktportfolio

- Halbleiter
- Passiv/ Elektromechanik/ Steckverbinder
- Embedded (Arrow Intelligent Systems)

### Kontakt

Arrow Central Europe GmbH  
Frankfurter Straße 211  
63263 Neu-Isenburg, Germany  
T +49/6102/5030-0  
F +49/6102/5030-8455  
www.arrow.com



*„Unser Aufgabe sehen wir darin, technische Kompetenz, innovative Produktlösungen und Zuverlässigkeit mit den Kunden zu verbinden.“*

Thomas Banz,  
Bereichsleitung Kühlelemente

#### Gründungsjahr

1968

#### Mitarbeiter

80

#### Produktspektrum

- Aluminium- & Kupfer Kühlkörper
- Flüssigkeitskühlkörper
- Kühlsysteme inkl. Lüfter
- Wärmeleitpaste
- Multilayer Busbars und Stromschienen
- Montagearbeiten
- Oberflächenveredelung

#### Hauptdifferenzierung

- Kundenspezifische Kühllösungen
- Flexible & hohe Produktvielfalt
- Fachliche Beratung auch vor Ort

#### Zertifizierungen

- ISO 9001:2015
- AEO-C

#### Kontakt

austerlitz electronic gmbh  
Ludwig-Feuerbach-Straße 38  
90489 Nürnberg, Germany  
T +49/911/59747-0  
F +49/911/59747-19  
info@austerlitz-electronic.de  
www.austerlitz-electronic.de

#### austerlitz electronic liebt die Herausforderung!

Wo immer bei unseren internationalen Kunden große Leistung große Wärme erzeugt, entwickeln wir individuell passende und besonders leistungsstarke Halbleiter-Kühlkörper.

#### Wir machen Herausforderungen zur Serie

Unser Entwicklungsteam am Stammsitz in Nürnberg wirft seine außergewöhnliche Ingenieurskunst Tag für Tag in die Waagschale, um immer die passendste, effizienteste und nachhaltigste Kühltechnik zu kreieren. Unsere kreativen Köpfe investieren laufend viel Leidenschaft in bessere Ideen für bessere Technik, die schnellstens in Serie gehen kann. Egal, wie groß diese Serie ausfällt.

#### Was bekommen Sie bei austerlitz electronic?

- Über 100 Standard Kühlprofile
- Kundenspezifische Kühllösungen
- Leistungsstarke Lüfter-Kühlsysteme
- Auf Ihre Anwendung abgestimmte Flüssigkeitskühlkörper
- Hochwertige Bearbeitungsmöglichkeiten: u.a. 5-Achs CNC-Bearbeitung, Oberflächenveredelung (Eloxal), Reibrührschweißen, Beschichtung
- Kundenspezifische Montagearbeiten
- Passendes Zubehör
- Multilayer Busbars und Stromschienen



Flüssigkeitskühlkörper

# austerlitz electronic gmbh

#### Einzigartige Technologie mit echten Vorteilen

Gerade in Sachen Flüssigkeitskühlung ist austerlitz electronic absolut führend – mit ausgereifter Technik, deren wahre Wirkung im Detail steckt. Denn nur das Ergebnis zählt: Unsere Kunden profitieren erheblich von einer dauerhaft besseren Wärmeableitung der Kühlsysteme.

#### Im Einsatz auf der ganzen Welt

Kunden schätzen an austerlitz electronic vor allem die große Flexibilität und das hohe technische Know-how. Beides treibt unser hoch motiviertes Team täglich zu neuen Höchstleistungen an.

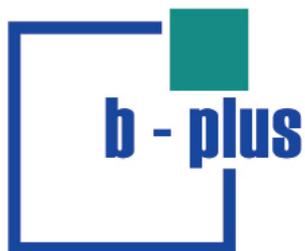
Kunden aus der Industrie, Medizintechnik, Vertreter des internationalen Bahn- und Nahverkehrs, Hersteller erneuerbarer Energien oder E-Mobilität setzen nur auf höchste Qualität und sind damit eine echte Auszeichnung für austerlitz electronic.

#### Was ist mit Ihnen?

Wann dürfen wir Ihnen unser traditionsreiches Unternehmen vorstellen? In einem persönlichen Gespräch erzählen wir Ihnen gerne, welche Herausforderungen wir schon gemeistert haben. Oder noch viel besser: wir hören Ihnen zu. Und meistern anschließend Ihre Herausforderungen.



Multilayer Busbars und Stromschienen



WEGBEREITER  
NEUE MOBILITÄT

### Firmenbeschreibung

b-plus ist der Spezialist für die Entwicklung und Integration von elektronischen Systemen und Komponenten. Fahrerassistenzsysteme (ADAS) in der Automobil-Industrie und die Automatisierung von mobilen Maschinen gehören dabei zu den Kernkompetenzen des mittelständischen Unternehmens. Teams in Deggendorf, Lindau und Regensburg gewährleisten hierfür höchste Verlässlichkeit im zukunftsweisenden Umfeld. Wir begleiten unsere Kunden mit passenden Produkten sowohl für den Serieneinsatz, als auch während des gesamten Entwicklungsprozesses mit der b-plus Werkzeugkette im gesamten Entwicklungszyklus.

Dabei unterstützt uns 20 Jahre Branchenerfahrung und die Expertise in Hardware und Systementwicklung. Auch die Entwicklung von sicherheitskritischen Systemen im Fahrzeug gehört zu unserem Fachgebiet. Als Mitglied in verschiedenen Gremien arbeiten wir an Trendtechnologien im Schwerpunkt Kommunikation mit.

Qualität im kompletten Prozess für automatisierte Funktionen heute und autonomes Verhalten morgen.



Software-Entwicklung

### b-plus. Wegbereiter neue Mobilität.

#### Unser Versprechen

Durchgängige und sichere Schlüsseltechnologien für automatisiertes Fahren und mobile Automation heute. Für autonomes Fahren morgen.

#### Unsere Alleinstellung

Komplette Engineering- und Werkzeugkette/Validierungskette zur Steuergeräteentwicklung und Integration für Car-2-Car und Car-2-Infrastruktur im Internet of Things.

#### Unser Portfolio

- Entwicklungswerkzeuge für Test, Diagnose, Simulation
- Embedded Automotive Hardware und Messtechnik für Prototypen- und Serienentwicklung
- Automotive Software für ADAS Funktionsentwicklung und -validierung
- Mobile Kleinsteuerungen
- ISOBUS-Lösungen
- IoT-Gateways



ADAS Messtechnik



*„Wir begleiten unsere Kunden auf dem Weg zum autonomen Fahren und bei der mobilen Automatisierung.“*

Dipl. Ing (FH) Michael Sieg,  
Geschäftsführer b-plus GmbH

#### Gründungsjahr

1996

#### Mitarbeiter

ca. 180

#### Firmensitz

Deggendorf

#### Standorte

Deggendorf, Regensburg,  
Lindau

#### Tochterunternehmen

b-plus automotive GmbH

#### Produktschwerpunkte

- ECU Validierung
- ADAS Logger
- ECU Software nach ISO26262
- Entwicklungstools
- Mobile Kleinsteuerungen
- ISOBUS Lösungen
- IoT-Gateways
- Embedded Hard und Software

Fahrzeughersteller und Zulieferer sichern sich mit b-plus breite Branchenexpertise, tiefes Embedded Know-how und bewährte Prozesskompetenz. Damit verstärken sie eigene Kapazitäten, verkürzen Entwicklungszeiten und bringen innovative Technologien sicher in die Serie und auf die Straße.

#### Kontakt

b-plus GmbH  
Alexander Noack  
Ulrichsbergerstraße 17  
94469 Deggendorf, Germany  
T +49/991/270302-0  
F +49/991/270302-99  
sales@b-plus.com  
www.b-plus.com



„Wir arbeiten Seite an Seite mit unseren Kunden, und helfen ihnen dabei, ihre Ziele für die Entwicklung von transformativen, elektronischen Produkten zu erreichen.“

Sanjay Lall, Corporate Vice President, EMEA Operations

#### Gründungsjahr

1988

#### Hauptsitz

San Jose, CA, USA

#### Europazentrale

Bracknell, UK

#### NASDAQ Symbol: CDNS

#### Kerngeschäft

- Electronic Design Automation (EDA)
- Software
- Hardware, IP und Services

#### Produktspektrum

- Custom IC/Analog Design
- Digital Design & Signoff
- System Design & Verifikation
- IC Package und PCB Design Analysis
- Tensilica, Design & Verifikation IP
- Services

#### Einsatzmärkte

- Mobilfunk
- Verbrauchermarkt
- Cloud/Datenzentren
- Automotive
- Aerospace
- IoT
- Industriemarkt

#### Kontakt

Cadence Design Systems GmbH  
Mozartstraße 2  
85622 Feldkirchen, Germany  
T +49/89/4563-0  
F +49/89/4563-1800  
marketing\_euro@cadence.com  
www.cadence.com

#### Firmenbeschreibung

Cadence ermöglicht globale Innovationen im Elektronik-Design und spielt bei der Entwicklung von modernsten integrierten Schaltungen und elektronischen Produkten eine entscheidende Rolle. Kunden setzen Software, Hardware, IP und Services von Cadence zur Entwicklung und Verifikation von fortschrittlichen Halbleitern, Leiterplatten und Systemlösungen in Verbraucherendgeräten, Netzwerk- und Telekommunikationsanlagen, Automotive-Applikationen oder Computersystemen ein.

In den letzten Jahren hat sich Cadence von seiner Rolle als traditioneller Electronic Design Automation (EDA) Tool-Anbieter für die Halbleiterindustrie zum Partner für die Systemhäuser weiterentwickelt. Einhergehend mit dem Trend, dass Halbleiterhersteller immer mehr Praktiken und Arbeitsabläufe in ihre Entwicklung einfließen lassen müssen, die vorher hauptsächlich bei der Systementwicklung angewendet wurden, hat das Unternehmen sein EDA-Portfolio für die Automatisierung von Schaltungen (ICs) auf Lösungen für die Systementwicklung erweitert. Dazu werden die

dazu notwendigen Tools, IPs, Services und Software-Inhalte geliefert. Durch die Weiterentwicklung des Unternehmens zum System Development Enabler bietet Cadence nun Lösungen für die Entwicklung, Integration, Analyse und Verifikation von Komponenten auf der Systemebene an. Dazu gehören auch Leiterplatten, Gehäuse, Software und IP. Zudem stellt Cadence sehr differenzierte End-to-end Tools, Methodiken, Services und ein großes IP-Portfolio für die Fertigung von System-on-Chips mit fortschrittlichsten Prozesstechnologien zur Verfügung. Das schnell wachsende IP-Portfolio besteht aus Design IP und Verifikations IP für Speicher, Interface-Protokolle, analog/mixed-signal Komponenten und spezialisierten Prozessoren (Tensilica).

Die Weiterentwicklung der Kernkompetenzen im EDA-Tool-Segment bleibt jedoch ein wichtiger Bestandteil der Firmenstrategie, um Kunden bei den wachsenden Herausforderungen im Bereich Leistung, geringem Stromverbrauch, Skalierbarkeit und Markteinführungszeit, weiterhin erfolgreich zu unterstützen.



Firmensitz in Feldkirchen



System Design Enablement Übersicht



### Firmenbeschreibung

CODICO – the COmponent Design-In COmpany – steht für den Vertrieb hochwertiger elektronischer Bauelemente. Das breite Produktportfolio umfasst aktive und passive Bauelemente sowie Produkte der Verbindungstechnik. Durch kompetenzübergreifendes Projektmanagement bietet CODICO technische Unterstützung und Beratung von der Entwicklungsphase bis zum Endprodukt und weit über eine Bestellung hinaus. Der Vertrieb ausschließlich hochwertiger Produkte und Lösungen zeichnet CODICO aus. Kurze Kommunikationswege garantieren eine rasche und qualifizierte Betreuung.

Einen weiteren Fokus legt CODICO auf frühzeitige Trenderkennung, welche durch eine enge Zusammenarbeit mit Lieferanten sichergestellt wird. Neben technischen Lösungen behält CODICO auch Preise, Verfügbarkeit und Entwicklungen im Blick. Termingerechte, präzise Lieferungen durch optimierte, kundenspezifisch gestaltbare Logistikkonzepte zählen selbstverständlich ebenfalls zu den Stärken von CODICO.

CODICO ist in Österreich, Deutschland, Italien sowie Schweden nach EN ISO 9001 zertifiziert. Seit der erstmaligen Zertifizierung im Jahre 1995 wird das Qualitätsmanagementsystem ständig verbessert und wiederkehrend überprüft.



Head Office Perchtoldsdorf

### Logistikleistungen

Just-In-Time-Lieferungen/Lieferwunschtage, kundenspezifische Spezialetikettierungen/Barcodeetikettierungen, Pufferlager/Sicherheitslager, Konsi-Lager, Kanban, EDI, Gutschriftverfahren, Min-Max System, Online-Forcasting Systeme, Batch Nr. und Date Code Tracking sowie umweltbewusste Verpackung.

### Vertriebsgebiet

CODICO agiert als unabhängiges in Privatbesitz befindliches Unternehmen vom österreichischen Head Office in Perchtoldsdorf im Süden Wiens. Professionelle Beratung und technischer Support stehen unseren Kunden auf identisch hohem Qualitätsniveau durch fachlich versierte Mitarbeiter in folgenden Ländern zur Verfügung: Benelux, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Finnland, Italien, Kroatien, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Russland, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechien, Ungarn und Vereinigtes Königreich.

### Zielmärkte

Alternativenergien, Automotive, Industrieelektronik, Konsumgüterindustrie, Medizintechnik sowie Tele- und Datenkommunikation



Hochmodernes Kleinteilelager



*„Bei uns steht Ihre Applikation im Mittelpunkt. Wir verkaufen Lösungen, keine Artikelnummern!“*

Sven Krumpel,  
Geschäftsführer CODICO GmbH

**Gründung:** 1977  
100% Privatbesitz

**Mitarbeiter:** ca. 165

**Umsatz:** ca. 160 Mio. EUR  
(2018)

**Schwerpunkt:** Design-In

### FOKUSLINIEN

**Aktive BE:** 8Devices, Ampire, Compex, Cosel, EOS, Intel, MPS, Multi Inno, New Japan Radio, Phihong, Power Integrations, Qualcomm, Quectel, Recom, Silvertel, Torex, Wistron NeWeb, Yeebo

**Passive BE:** Eaton, Elytone, Goodsky, KDS Daishinku, Kemet, Isabellenhütte, Murata, Nidec Copal, Panasonic, Rubycon, Sagami, Sanyou, Sumida, Sun, TKS Thinking

### Verbindungstechnik:

Amphenol ICC, Amphenol Industrial, Cable Assemblies, CviLux, Dinkle, Hirose, Sinbon, Esterline Souriau, Yamaichi

**Head Office** in AT  
(Perchtoldsdorf bei Wien)

**Tochtergesellschaft** in DE  
(München), in IT (Treviso) und  
in SE (Stockholm)

**QM** ISO 9001

### Kontakt

CODICO GmbH  
Zwingenstraße 6-8  
2380 Perchtoldsdorf, Austria  
T +43/1/86305-0  
office@codico.com  
www.codico.com



„Der Conrad Marketplace: professioneller Service, noch mehr Produkte und schneller Zugang zu relevanten Partnern und Sortimenten.“

James Bell, Chief Sales Officer  
B2B

#### Die Conrad Gruppe

- Innovatives Familienunternehmen mit hohem Qualitätsanspruch
- 1923 gegründet von Max Conrad in Berlin
- 4000 Mitarbeiter
- lokaler Support: Über 17 Landes- gesellschaften in Europa sowie die Tochtergesellschaften SOS electronic und Rapid electronics
- Direct Shipping in 150 Länder weltweit
- Zentrallager mit 100.000 m<sup>2</sup> Versand- fläche in Wernberg, Deutschland

#### Kontakt

Conrad Electronic SE  
Klaus-Conrad-Straße 2  
92530 Wernberg-Köblitz,  
Germany  
T +49/9604/4089-88  
businessbetreuung@conrad.biz  
conrad.biz



#### Einzigartiges Produktportfolio

- Über 1,4 Mio Produkte auf dem Conrad Marketplace im Bereich Bauelemente, Entwicklungskits, Messtechnik, Automation, Werkstatt, Kabel, Gebäudetechnik, Kommunikation, Computer/IT, Empfangstechnik
- Innovative Marken entwickelt durch das Conrad Technologie Centrum (CTC) in Hirschau
- ISO-zertifiziertes Qualitätsmanagement

#### Top-Brands für Entwickler und Instandhalter im Bereich Bauelemente, Entwicklungskits, Automation, Stromversorgung und Messtechnik

Microchip, NXP, Texas Instruments, OSRAM, Pepperl + Fuchs, Fischer Elektronik, Weidmüller, Finder, Rittal, Wago, Phoenix Contact, EATON, ESKA, Bourns, Marquardt, Lapp Kabel, HellermannTyton, 3M, Kontakt Chemie, LOCTITE, Ersa, Weller, Wema, Siemens, Keysight Technologies, Traco Power, Fluke, Flir, VOLTcraft, Testo, Rohde & Schwarz, Tektronix, National Instruments, Kern & Sohn, Panasonic, Würth Elektronik, EPCOS, BOSCH, Matador, Bahco, Knipex, TOOLCRAFT, Panasonic, TRU COMPONENTS, MAKERFACTORY, uvm.

#### Starke Services zur Effizienzsteigerung

- Schnelle PCB Services: PCB Produktion & Bestückung, SMD-Schablonenproduktion
- 3D-Druckservice in Industriequalität

- Leistungsstarke Produkt-Services: Einzelstückbelieferung bis Industrieverpackungen, zertifizierter Kalibrierservice, Kabelmeterservice, Kabelkonfektionsservice

#### Zuverlässiger Kundenservice

Kostenlose Service-Hotline (Mo-Sa 7:00-20:00 Uhr), Außendienst, Sonderbeschaffung, Angebotservice

#### Flexibel durch Omnichannel

- Online: Lokale Webshops (kostenlose Lieferung ab Mindestbestellwert € 50,- zzgl. MwSt)
- eProcurement: voll automatisierte Lösungen / Conrad Smart Procure (administrierbarer Shop)
- Offline: Kundenservice / Außendienst / Kataloge
- Filialen: über 20 B2B-/B2C-Filialen in Deutschland, 10 weitere in Europa

#### Preisgekrönte und zertifizierte Logistik

- Nach DIN EN 61340-5-1 zertifiziertes ESD-Management und EPA-Bereich
- 24 Stunden Standardlieferung, 3-Stunden-Filialbelieferung (bei Artikeln, die in den Filialen vorrätig sind), weitere Lieferarten auf Wunsch
- Terminaufträge, Abrufaufträge

#### Technischer Support

Kostenloser Kundenservice, TKB technische Kundenberatung



Verkürzte Auftragsdurchlaufzeiten und erweiterte Lagerkapazitäten zum Vorteil von anspruchsvollen B2B-Kunden.

# DATA MODUL

## Firmenbeschreibung

Mit über 45 Jahren Erfahrung als Technologiepartner in den Bereichen Display, Touch, Embedded, Monitor und Panel PCs ist DATA MODUL einer der weltweit führenden Spezialisten für qualitativ hochwertige und bedarfsorientierte Systemlösungen für alle Branchen.

Der führende Display-Distributor erfüllt mit hochmodernem Maschinenpark und exklusivem Produkt- und Leistungsportfolio die komplexen Anforderungen von Kunden aus den unterschiedlichsten Märkten.

Der Hauptsitz der DATA MODUL AG ist München, Vertriebsniederlassungen finden sich weltweit und in Weikersheim ist der Produktionsstandort. Dort befindet sich die Monitorfertigung auf effizienten Montagelinien und u.a. ein hochspezialisierter Maschinenpark für das Optical Bonding, eine der DATA MODUL Kernkompetenzen. In diesem Verfahren werden Displays mit den unterschiedlichsten Covergläsern in Verbindung mit PCAP Touchsensoren veredelt. Die Vorfertigung, Prototypen- und Musterbau als Vorstufe zur Serienfertigung finden ebenfalls am Produktionsstandort statt. Eigene Entwicklungsabteilungen an den Standorten München, Weikersheim und

Deggendorf stehen für die zukunftsorientierte Ausrichtung der DATA MODUL Produktpalette. Neben der Distribution, steht speziell die Entwicklung eigener Produkte, kundenspezifischer OEM-Lösungen sowie Value-Added-Services im Fokus. Mit den OEM Design Services ist DATA MODUL in der Lage, Displaylösungen aus dem eigenen umfangreichen Produktportfolio kundenspezifisch zu konfigurieren und individuelle sowie standardisierte Visual Solutions zu entwickeln. Hierbei unterstützt die DATA MODUL Kunden mit dem kompletten Expertensupport von der Produktidee bis Aftersales, Design-in-Support, Projektmanagement, Servicevereinbarungen und Logistikkonzepte, Hard- und Softwareentwicklung, Konstruktions- und Mechanikkonzepte, Entwicklung von Thermomanagementkonzepten, Inhouse EMV Voruntersuchungen, bis hin zu Zertifizierungen und Obsoleszenz-Management. Um den Qualitätsansprüchen und Forderungen aus den unterschiedlichen Märkten gerecht zu werden, ist DATA MODUL nach den ISO Richtlinien 9001:2015, 14001:2015 und 13485:2016 zertifiziert. Diese werden kontinuierlich optimiert, überprüft und erweitert.



DATA MODUL ist Technologieführer im Bereich Optical Bonding in Europa.



Alles aus einer Hand: Elektronikentwicklung, Touch- und Displayauswahl sowie Gehäusekonzepte.



*„DATA MODUL verfolgt das Ziel, einer der weltweit führenden Anbieter von visuellen Systemlösungen zu sein.“*

*Dr. Florian Pesahl,  
Vorstandsvorsitzender*

**Gegründet**  
1972

**Firmensitze**  
Weltweit mit Hauptsitz in München, Produktion in Weikersheim, Entwicklung in München, Weikersheim, Deggendorf

**Fokus**  
Eigenentwicklung und Distribution von Displays, Touchscreens, Embedded Systemen und kompletten Monitoren und Panel PC-Lösungen für den industriellen und professionellen Bereich

**Produkte**  
Displays, Touchscreens, CPU Boards, Box PCs, Monitor Lösungen, LCD Controller Boards, Monitore, Panel PC, OEM, Optical Bonding

**Produktpalette**  
Professionelle Speziallösungen aus den Bereichen Display, Touch, Embedded, Monitor & Panel PC für industrielle Anwendungen

**Märkte/Branchen**  
Gaming, Medizin, Industrie, Automatisierung und Robotics, Marine, Wearables, Gebäudetechnik, Weiße Ware, Digital Signage, Transportation, Maschinenbau und Automotive

**Kontakt**  
DATA MODUL AG  
Landsberger Straße 322  
80687 München, Germany  
T +49/89/56017-0  
info@data-modul.com  
www.data-modul.com



*„Die Menschen machen den entscheidenden Unterschied, ob ein Unternehmen zu Spitzenleistungen im Stande ist.“*

Hans Steiner, Vorstand

**Gründungsjahr:** 1985  
**Mitarbeiter:** ca. 110  
**Umsatz:** 53 Mio. €

**Zertifizierungen**  
 ISO 9001:2015 (QMS)

**Geschäftsfelder**  
 Elektrotechnik, Elektronische Messtechnik, Elektronische High-End-Messtechnik, dataTec Akademie

**Produkte**  
 über 60.000 Produkte wie z.B. Oszilloskope, Netzgeräte, Testsysteme, Prüfgeräte, Wärmebildkameras und viele weitere Messgeräte von über 40 Herstellern

**Branchen**  
 Industrieunternehmen, Handwerksbetriebe, Behörden sowie Forschungs- und Bildungseinrichtungen

**Leistungen**  
 – Beratung vor, während und nach dem Kauf, am Telefon sowie bundesweit durch über 20 Experten vor Ort  
 – jährlich über 100 Seminare mit über 1.500 Seminarplätzen rund um die Themen Messtechnik, Thermografie und VDE-Normen in der dataTec Akademie

**Kontakt**  
 dataTec AG  
 Ferdinand-Lassalle-Straße 52  
 72770 Reutlingen, Germany  
 T +49/7121/515050  
 F +49/7121/515010  
 info@datatec.de  
 www.datatec.de

### Firmenbeschreibung

Wer auf der Suche nach Mess- und Prüftechnik ist, kommt an dataTec nicht vorbei, denn bei den Themen Messen und Prüfen findet man hierzulande keinen besseren Partner.

Von seinem Stammsitz in Reutlingen aus betreut dataTec schon seit 1985 über 15.000 namhafte Kunden aus den Bereichen Industrie, Handwerk, Behörden sowie Bildungs- und Forschungseinrichtungen. Als Deutschlands führender markenübergreifender Fachdistributor kann man sich, neben einer umfassenden Produktauswahl und Markenvielfalt, auf dataTec als kompetenten Partner und Berater verlassen. Sowohl im Bereich IoT rund um Themen wie z.B. Smart Home, Industrie 4.0, Automotive oder industrielle IoT, als auch im Bereich Energie und Batterie in Bezug auf intelligente und effiziente Energie- und Batteriekonzepte, bietet dataTec beste Beratung und Messtechnik.

Durch das 2018 erbaute Technologie- und Logistikzentrum, mit 13.257 Kubikmetern Gesamtvolumen, wird weiterhin eine sehr schnelle Zustellung mit hervorragender Qualität gewährleistet.



dataTec Firmenzentrale in Reutlingen

Ihr Spezialist für  
 Mess- und Prüfgeräte



### Starke Marken von starken Partnern

Bei dataTec findet man alle namhaften Hersteller der Mess- und Prüftechnik: Benning, Chauvin Arnoux, Chroma, EA Elektro-Automatik, FLIR, Gossen Metrawatt, Graphtec, GW Instek, Keysight Technologies, Mebedo, Pico Technology, Rohde & Schwarz, SPS electronic, TDK-Lambda, Weller und viele mehr.

### Messbar mehr

- Kostenloser Testgeräte-Service ermöglicht fünf Tage-langes kostenloses Probe messen.
- kostenloser Reparatur- und Kalibrierservice, zertifiziert nach ISO oder DakKS.
- Deutschlands größter B2B-Onlineshop im Bereich der Mess- und Prüftechnik mit über 16.000 Produkten von 40 Herstellern.
- Individuelle eProcurement-Lösungen zur Teilautomatisierung der Bestellprozesse bspw. durch Anbindung des dataTec Webshops via OCI-Schnittstelle an ein individuelles Warenwirtschaftssystem.
- Kundenspezifische Lieferantenkataloge im BMEcat Format für firmeninterne Bestellsysteme machen Bestellprozesse schneller und günstiger durch Entlastung des Einkaufs.



Technologie- und Logistikzentrum in Reutlingen



### Firmenprofil

Die Deutronic Elektronik GmbH wurde 1983 in Adlkofen gegründet. Das inhabergeführte Familienunternehmen befindet sich zu 100% in Familienbesitz. Deutronic beliefert die Industrie weltweit mit technologisch führenden Lösungen. Als Spezialist für intelligente Leistungselektroniksysteme konzipiert, entwickelt und produziert Deutronic innovative Lösungen mit überlegenem Mehrwert. Eine besondere Stärke liegt hierbei in der Realisierung applikationsspezifischer Lösungen und kundenspezifischer Sondergeräte.

### Forschungszentrum Energiespeichertechnik

Durch die wachsende Bedeutung des Themas Energiespeicher investiert Deutronic nicht nur in die Geräte-Entwicklung selbst, sondern gleichzeitig in ein Batterielabor, um das Verhalten von Batterien systematisch untersuchen zu können. Der Fokus liegt primär in der Optimierung von batterie-schonenden Ladestrategien in der Anwendung.

### Anwendungen

Automotive Ladetechnik:

Fahrzeuge weisen eine Vielzahl elektronischer Komponenten auf. Der daraus folgende Energiedurst stellt höchste Anforderungen an Batterien und die Ladetechnologie. Als Technologie- und Marktführer für Automotive-Batterieladesysteme,

sind diese Lösungen weltweit bei führenden Automobilherstellern in der Produktion, den Werkstätten und im Showroom im Einsatz.

Automatisierungstechnik:

Deutronic hat sich auf kundenspezifische Stromversorgungen für den Einsatz in rauen Umgebungsbedingungen spezialisiert. Hierzu zählen z.B. Applikationen in Förderanlagen im Intralogistikbereich.

Elektromobilität:

Deutronic bietet ein breites Produktportfolio an DC-DC Wandlern für den Einsatz in rauen Umgebungen, Elektro- u. Hybridfahrzeugen. Die Motorregler der D-Sinus Reihe sind sinuskommutierende Drehzahlsteller auf dem neuesten Stand der Technik. Ein weiterer Bereich umfasst Batteriediagnose- und Konditionierungssysteme für Hochvoltakkus und Ladesäulen.

Testsysteme:

Deutronic Testsysteme bringen die Genauigkeit von Laborprüfungen in die Großserie.

Der Hauptkundennutzen besteht in einer 100% kundenindividuellen Konzeption. Hierbei greift Deutronic auf Komponenten bewährter Hersteller zurück und vereint diese mit einer eigens entwickelten Softwarelösung zu einem Komplettsystem. Das Ergebnis sind maßgeschneiderte Test- und Prüfsysteme, welche voll vernetzbar, sicher, schnell und zuverlässig sind.



Innenleben Testsystem



Lichtmaschinenersatz für E-Fahrzeuge

Power and More

**Gründungsjahr**  
1983

**Firmensitz**  
Adlkofen bei Landshut

**Geschäftsführung**  
Eduard Wanzke  
Christian Wanzke  
Thomas Wanzke

**Produktportfolio**  
Automotive Ladetechnik  
Automatisierungstechnik  
Elektromobilität  
Testsysteme  
Kundenspezifische Lösungen  
Forschungszentrum  
Energiespeichertechnik  
EMV-Labor

**Standort Ausland**  
China, Tschechien, USA

**Distribution und Service**  
Weltweit in 35 Ländern

**Qualitätsmanagement**  
DIN EN ISO 9001:2008

**Kontakt**  
Deutronic Elektronik GmbH  
Deutronicstraße 5  
84166 Adlkofen, Germany  
T +49/8707/920-0  
F +49/8707/1004  
sales@deutronic.com  
www.deutronic.com



*"Mit hochwertigen Komponenten entwickeln wir smarte Lösungen für vorausendenkende Unternehmen."*

*Eduard Lucke,  
geschäftsführender Gesellschafter*

**Gegründet:** 1977

**Dienstleistungen**

Beratung, Entwicklung, Qualitätsmanagement, Logistik, Validierung, Umsetzung

**Produktspektrum**

**Eingabe-Systeme:** Touch-Produkte und Tastaturen

**Ausgabe-Systeme:** LCD, Thermodrucker, komplette Applikationen

**Stromversorgungen:** AC/DC-, AC/AC- DC/DC-Wandler

**Embedded Systeme**

**Elektromechanische**

**Bauteile:** Kabelkonfektion, Steckverbinder, Lüfter & Kühlkomponenten, DC-Motoren

**Branchen**

Automotive, Industrie, POI/POS, Hausgeräte, Transportation, Medizintechnik, E-Mobilität

**Qualitätsmanagement**

Gemäß DIN EN ISO 9001:2015

**Unternehmensstandorte**

Hamburg, Nürnberg, Shenzhen (China), Kaohsiung (Taiwan)

**Tochterunternehmen**

MCS Micronic Computer Systeme GmbH, Berlin/Wernberg

**Kontakt**

Elektrosil Systeme der Elektronik GmbH  
Ruhrstraße 53  
22761 Hamburg, Germany  
T +49/40/840001-0  
F +49/40/840001-65  
info@elektrosil.com  
www.elektrosil.com

**Firmenbeschreibung**

Interdisziplinär und auf Basis von Top-Engineering realisieren wir Technologien nach Ihren Anforderungen

Ob durch Innovation, Wirtschaftlichkeit oder Usability – erfolgreiche Technologien setzen sich durch im Wettbewerb. Für derart erstklassige Lösungen ist Elektrosil Ihr Partner. Seit unserer Gründung in Hamburg im Jahr 1977 – zunächst als Gesellschaft, ab 1983 als GmbH – unterstützen wir Hersteller unterschiedlichster Branchen. Interdisziplinär und auf Basis von Top-Engineering realisieren wir Technologien nach Ihren Anforderungen. Und dank schneller Entwicklungs- und Produktionsprozesse sichern wir eine kurze Time-to-Market.

Unser Produktportfolio umfasst Antriebstechnik, Display & Touch, Embedded Systems, Kühlösungen und Stromversorgungen. Weitere Bereiche sind Tastaturen, Thermodrucker und Verbindungstechnik.

Elektrosil bildet zusammen mit der UN-Tochter MCS Micronic Computer Systeme GmbH eine interdisziplinäre Einheit für hochklassiges Engineering. MCS entwickelt Soft- und Hardwarelösungen für unsere Anwendungen und ist an den Standor-



ten Berlin (Hauptsitz/Entwicklung) und Wernberg (Produktion) vertreten.

In enger Zusammenarbeit zwischen unseren Kunden, dem qualifizierten Partnernetzwerk und Elektrosil entstehen dabei individuelle, wirtschaftliche Lösungen und kundenspezifische Produkte; die Produkt- und Servicequalität zählen zu den obersten Zielen. Zu den umfangreichen Serviceleistungen gehören u.a. elektronische und elektromechanische Entwicklungen, Softwareunterstützung, Auto-CAD-Zeichnungen, Layouts, Prozessoptimierungen, sowie Produktzulassungen, Normenprüfungen gemäß DIN, TÜV, VDE etc. und zahlreiche Logistikdienstleistungen.

Der Stammsitz des Unternehmens befindet sich in Hamburg, weitere Niederlassungen befinden sich in Nürnberg und Asien. Für die Kunden- und Projektberatung vor Ort steht ein Vertriebs-Team zur Verfügung, welches die Kunden von den Niederlassungen in Hamburg und Nürnberg aus betreut.

Die Elektrosil GmbH ist zertifiziert gem. DIN EN ISO 9001:2015; zudem auditiert und überwacht ein eigenes Qualitätsteam mit Zertifizierung gem. TS16949 in Asien die Lieferanten vor Ort.



# ELMA

Your Solution Partner

## Firmenbeschreibung

Elma Electronic ist ein zuverlässiger Entwicklungs-, Fertigungs- und Integrationspartner für Produkte aus den Bereichen

- Embedded Systems,
- Backplanes,
- Gehäuse & Komponenten,
- Stromversorgung und
- Drehschalter.

Das Unternehmen aus dem Baden-Württembergischen Pforzheim bietet von der Konzeption bis zum fertig integrierten, startbereiten System hochwertige Produkte in Formgrößen von Small Form Factor bis zu klassischen 19 Zoll-Racks. Damit bedient das Unternehmen nahezu alle Märkte wie z. B. Medizintechnik, Forschung, Industrieautomation, Militärtechnik, Avionik, Transportwesen oder Telekommunikation.

## Referenzprojekte sorgen für Entwicklungsschübe

Mit Anwendungsbeispielen wie z. B. einer Multiplexor/Demultiplexor/Modem-Einheit für die Internationale Raumstation (ISS) oder Beiträgen zu Forschungseinrichtungen wie CERN oder DESY durchstößt Elma regelmäßig die Grenzbereiche des technisch Machbaren. Die Erkenntnisse aus solchen Herausforderungen fließen sofort in die Seri-

enfertigung mit ein. Dieses Know-how ist es, was Elma-Produkte immer noch ein paar entscheidende Prozent besser und effizienter macht.

## Nützliche Dienstleistungen im Angebot

Elma versteht sich dabei als Berater und Partner der Kunden. Der Kunde kann sich in jeder Fertigungsstufe auf zahlreiche Dienstleistungen verlassen, die seinen Projekterfolg sicherstellen. Dank eines Teams erfahrener Systemintegrationsingenieure bietet Elma voll integrierte und startbereite Hard- und Software an. Der Prozess der Systemintegration beginnt dabei bereits lange bevor das Systemkonzept fertig vorliegt. Die Integrationsexperten begleiten den gesamten Entwicklungsprozess, sobald die Spezifikation eintrifft und die Umgebungsbedingungen geklärt sind. Diese Vorgehensweise ermöglicht z. B. ein optimales Kühlkonzept und stellt sicher, dass das System auch unter Volllast das komplette Leistungsvermögen bereitstellen kann.

## Technologische Schwerpunkte

Das Technologiespektrum umfasst die aktuellen Embedded-Computing-Technologien wie z. B. COM Express, SMARC, ITX oder EPIC sowie im 19“-Bereich alle PICMG- und VITA-Spezifikationen.



Elma bietet „Embedded Computing mit Herz und Verstand“



„Wir bieten Ihnen von der ersten Schraube bis zum startbereiten System alles zum Thema Embedded Computing.“

Paolo Putzolu, Geschäftsführer von Elma Electronic Deutschland

## Zielmärkte

Industrieautomation, Luft- und Raumfahrt, Forschung, Medizintechnik, Mess- und Regeltechnik, Militärtechnik, Transportwesen, Telekommunikation

## Produktlinien

Embedded Computer, Backplanes, Stromversorgung, Gehäuse & Komponenten, Drehschalter

## Sitz in Deutschland

Pforzheim

## Sitz der Muttergesellschaft

Wetzikon/Schweiz

## Weitere

**Schwestergesellschaften**  
Großbritannien, China, Frankreich, Israel, Rumänien, Schweiz, Singapur, Vereinigte Staaten

## Mitarbeiter

Ca. 800 weltweit

## Zertifiziert nach

ISO 9001:2015

## Kontakt

Elma Electronic GmbH  
Stuttgarter Straße 11  
75179 Pforzheim, Germany  
T +49/7231/9734-0  
F +49/7231/9734-97  
info@elma.de  
www.elma.de/



„Wir brauchen neue Ansätze und intensive Zusammenarbeit, um komplexe Systeme schnell, effizient und sicher zu entwickeln.“

Friedhelm Pickhard, Vorsitzender der Geschäftsführung der ETAS GmbH

#### Mitarbeiter

über 1.200 weltweit

#### Portfolio

Innovative Lösungen zur Entwicklung von Embedded Systemen für die Automobilindustrie sowie benachbarte Bereiche der Embedded Industrie

#### Hauptsitz

Stuttgart, Deutschland

#### Tochter- und Vertriebsgesellschaften

Brasilien, China, Frankreich, Großbritannien, Indien, Italien, Japan, Kanada, Schweden, Südkorea, USA

#### Kontakt

ETAS GmbH  
Borsigstraße 24  
70469 Stuttgart, Germany  
T +49/711/3423-0  
sales.de@etas.com  
www.etas.com



#### Firmenbeschreibung

Wir stehen für innovative Lösungen zur Entwicklung von Embedded Systemen für die Automobilindustrie und verwandte Branchen.

Als Systemanbieter verfügen wir über ein Portfolio von durchgängigen Tools und Werkzeuglösungen bis hin zu Engineering-Dienstleistungen, Consulting, Training und Support.

#### International präsent

ETAS ist inzwischen mit mehr als 1.200 Mitarbeitern in 12 Ländern in Europa, Asien sowie Nord- und Südamerika präsent.

#### Unsere Kunden

Unsere Kunden repräsentieren einen Querschnitt der globalen Automobilindustrie und verwandter Branchen. Zu ihnen zählen Fahrzeughersteller, Automobilzulieferer, Steuergerätehersteller sowie Engineering-Dienstleister.

#### Herausforderungen des Marktes – Lösungen von ETAS

Die Automobilindustrie befindet sich in einem starken Wandel. Energieeffiziente, neue Fahrzeug-

antriebe, (teil-)autonomes Fahren, Digitalisierung, Vernetzung und Cyber Security - die Liste der Innovationen war noch nie so lang. Gleichzeitig sollen neue Systeme immer schneller auf den Markt gebracht werden. Die Schlüsselfaktoren heißen Elektronik und Software. Hier sind wir bei ETAS vorne mit dabei. Mit Expertenwissen und den richtigen Werkzeugen ermöglichen wir die Entwicklung sicherheitsrelevanter Software.

Die steigende Vernetzung der Fahrzeugelektronik muss zudem vor unerlaubtem Zugriff geschützt werden - Angreifer suchen im komplexen System und der gesamten Infrastruktur nach Schwachstellen. Die ETAS-Tochtergesellschaft ESCRYPT bietet daher ganzheitliche Lösungen für die Bereiche Embedded Security, Operational Technology Security und Enterprise IT Security an.

#### Portfolioerweiterung

Ergänzt wird unser Produktangebot durch Engineering-Dienstleistungen und Consulting Services. Abgerundet wird das Portfolio durch Schulungen für den optimalen Einsatz unserer Tools in der Praxis und Premium-Kundenservice.



Neuer ETAS-Hauptsitz in Stuttgart - Campus



Neuer ETAS-Hauptsitz in Stuttgart - Haupteingang Borsigstraße



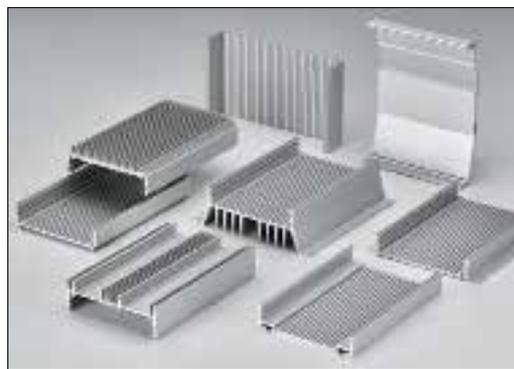
### Firmenbeschreibung

Fischer Elektronik ist seit 1968 ein vielseitiger und flexibler Hersteller von mechanischen Elektronikkomponenten am Standort Deutschland. Man beschäftigt am Hauptsitz in Lüdenscheid in Nordrhein-Westfalen und in den Verkaufsbüros mehr als 400 Mitarbeiter, denen hochmoderne Produktionsanlagen, Betriebsmittel und Verwaltungstools zur Verfügung stehen. Mit eigenen Verkaufsbüros in Österreich, der tschechischen Republik sowie der Slowakei sichert Fischer Elektronik den Zugang in neue Märkte im Osten Europas. Langjährige Vertriebspartner im In- und Ausland ermöglichen es die Produkte weltweit in mehr als 90 Länder zu verkaufen. Namhafte Branchen- und Marktführer haben Fischer Elektronik Produkte eindesigned. Mit mehr als 17.000 Kunden der Elektro- und Elektronikindustrie ist Fischer Elektronik eine echte Brand für mechanische Elektronikkomponenten, die auch in den Katalogen der wichtigsten international tätigen Katalogdistributoren zu finden ist. Das Herstellungsprogramm umfasst Kühlkörper und Systeme für die Halbleiterentwärmung, Steckverbindungen rund um die Leiterplatte sowie ein komplettes 19" Aufbausystem und systemunabhängige Gehäuselösungen. Die Varianz der Standardartikel unter Berücksichtigung ver-

schiedener Oberflächen, Polzahlen und Längen beträgt weit mehr als 75.000 Einzelartikel, die man in dem am Markt bekannten dreiteiligen Produktkatalog wiederfindet. Durch frühe Beteiligungen an Forschungsprojekten und in Entwicklungsverbänden steht man in der ersten Reihe bei Kunden aus den Gebieten erneuerbare Energien, LED-Lighting und Brennstoffzellen. Die Stärke des Unternehmens liegt zum einen in der Vorhaltung eines Lagers für mehr als 650 verschiedene Aluminium-Kühlkörperprofile. Eigens hierfür hat man antizyklisch im Krisenjahr 2009 in ein rund 3.200 Tonnen fassendes Hochregal-Wabenlager investiert. Zum anderen besteht die Möglichkeit, aus den Standards spezielle, kundenspezifisch bearbeitete Lösungen generieren zu können, die in puncto Stückzahl, Qualität und Preis den hohen Kundenanforderungen entsprechen. Ein hohes Maß an Qualitäts- und Umweltbewusstsein sowie die Fokussierung auf die Wünsche und Belange der Kunden gehören zur Unternehmensphilosophie. Der Zertifizierungsstand nach ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001 und AEO-C zeugen hiervon. Um auch weiterhin im nationalen und internationalen Kontext erfolgreich agieren zu können, wurde das komplette Unternehmen 2014 auf SAP umgestellt.



Kundenspezifische Bearbeitung von Aluminiumgehäusen für jede Anwendung



Individuelle Profilgestaltung für ein individuelles Produkt



*„Unsere individuellen Produktlösungen liefern in Punkto Funktion, Zuverlässigkeit und Qualität einen echten Mehrwert für unsere Kunden.“*

Thomas Fischer,  
Geschäftsführer

### Produkte

- Kühlkörper und Systeme zur Halbleiterentwärmung
- Boardlevel-Steckverbinder
- 19"-Technik
- Gehäuse

### Märkte Elektronikhersteller aller Branchen

- OEM
- CEM
- Handel Deutschland, Europa und Übersee

### Hauptdifferenzierung

- kundenspezifische Lösungen
- flexible Fertigung
- hohe Produktvarianz
- hohe Fertigungstiefe
- Beratungskompetenz

### Zertifizierungsstand

- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO 27001
- AEO-C

### Kontakt

Fischer Elektronik  
GmbH & Co. KG  
Nottebohmstraße 28  
58511 Lüdenscheid, Germany  
T +49/2351/4350  
F +49/2351/45754  
info@fischerelektronik.de  
www.fischerelektronik.de



„Innovative Produkte für hohe Energieeffizienz mit Fokus auf Qualität, Service & individuelle Lösung!“

Christian Koch,  
Head of Industrial Sales – EMEA,  
Power Semiconductor Div.

#### Gründungsjahr

1984

#### Mitarbeiter

35

#### Produkte und Leistungen

- Innovative Leistungselektronik
- IGBT-Module, Mosfets, SiC, Schottky Dioden
- Kundenspezifische Lösungen
- Hohe Verfügbarkeit
- Globaler Logistik-Service
- Applikationsunterstützung von A bis Z
- Exzellente Zuverlässigkeit

#### Zertifizierungsstand

- ISO/TS16949
- ISO 9001

#### Kontakt

Fuji Electric Europe GmbH  
Christian Koch  
Goethering 58  
63067 Offenbach am Main,  
Germany  
T +49/69/669029-0  
F +49/69/669029-56  
info.semi@fujielectric-europe.com  
www.fujielectric-europe.com

**FE** Fuji Electric  
Innovating Energy Technology

#### Firmenbeschreibung

Seit über 30 Jahren beliefert Fuji Electric erfolgreich den Europäischen Markt mit Leistungshalbleitern für Energieumwandlungssysteme. Mit einem starken Team aus Vertriebs-, Applikations- und Entwicklungsingenieuren stehen wir unseren Kunden aus ganz Europa bei kommerziellen und technischen Fragen stets zur Seite. Darüber hinaus gewährt unser international aufgestelltes Distributionsnetzwerk eine besondere Servicequalität und Kundennähe. Fuji Electric bietet innovative Energietechnologien, um weltweit in den Bereichen der sozialen und industriellen Infrastruktur einen nachhaltigen Beitrag zu leisten. Durch Bevölkerungswachstum und rasanten industriellen Fortschritten werden Energiemanagement und Umweltschutz zunehmend wichtiger. Deshalb strebt Fuji Electric kontinuierlich die Weiterentwicklung und Verbesserung existierender Technologien an. Unsere innovativen Produkte in der Energie- und Umwelttechnologie erzielen eine hohe Wertschöpfung, hervorragende Umweltfreundlichkeit, sowie Energie mit maximalem effizientem Nutzen.

#### Anwendungsportfolio

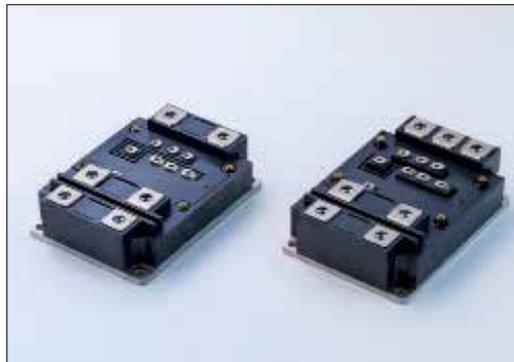
Lange Zeit waren die Haupteinsatzgebiete unserer Leistungshalbleiter in der elektrischen Antriebstechnik sowie unterbrechungsfreien Stromversor-

gung. Basierend auf diesen Anwendungen wurde der Grundbaustein für hervorragende Qualität, hohe Zuverlässigkeit und Implementierung neuester Technologien gelegt.

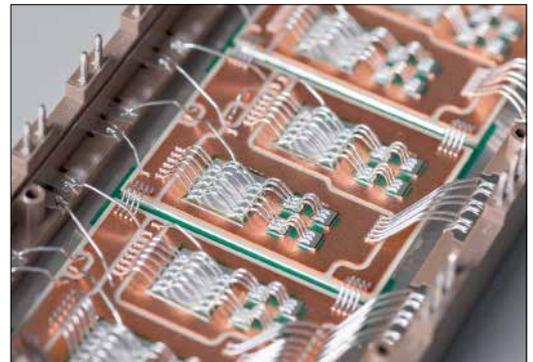
Das Anwendungsportfolio wächst stetig an und umfasst heute neue Einsatzmöglichkeiten wie: Erneuerbare Energien (Windenergie, Photovoltaik), Hybrid-/Elektro-Mobilität, Energieversorgung und -verteilung (Smart Grid), Traktion, etc.. Die Technologieentwicklung fordert immer neue technische und effiziente Lösungen mit langer Lebensdauer sowie höchster Qualität.

Unsere hochmodernen Produktionsstandorte und Lagerstandorte gestatten es, die weltweit wachsende Kundenanzahl mit Leistungshalbleitern zu versorgen. Dies ermöglicht eine flexible Verfügbarkeit unserer Produkte und ein exzellentes Preis-Leistungs-Verhältnis.

Unsere 7. IGBT-Generation (X-Serie) löst momentan die älteren Generationen im Markt ab. Die neuen Produkte können existierende Produkte problemlos, aufgrund ihrer elektrischen und mechanischen Kompatibilität, ersetzen und die Energieverluste weiter reduzieren.



High Power next Core Module (HPnC)



Fuji Electric IGBT-Modul

# GARZ & FRICKE

## Firmenbeschreibung

Die Garz & Fricke GmbH ist ein mittelständisches, 1992 gegründetes Unternehmen, das bis heute seine Embedded Hard- und Softwarelösungen für das industrielle IoT ausschließlich am heimischen Standort Hamburg entwickelt und produziert. Kunden sind OEMs und Systemintegratoren, die vorwiegend aus den Branchen, Zigaretten- und Verkaufsautomaten (Vending), Gastronomieelektronik, Sicherheitstechnik/ Security, Medizin- und Labortechnik, Digital Signage, Industrie-Automation sowie Transportation stammen und die hohe Fertigungstiefe zu schätzen wissen.

„Made in Germany“ bedeutet für Garz & Fricke nicht nur die lokale Integration von Endprodukten, sondern die eigene Entwicklung und Produktion der gesamten Elektronik unter einem Dach - von der ersten Idee bis hin zum industriellen Serienprodukt.

Garz & Fricke ist mit Vending (& Telemetrie) und Embedded Systems in zwei Geschäftsbereichen organisiert, welche die Ressourcen gemeinsam nutzen.

## Der Geschäftsbereich Embedded Systems

Hier reicht das Angebot von Einzelkomponenten wie Touches und Displays über ARM-basierte SBCs bis hin zu nahtlos integrierten HMI-Systemen. Die Komplettlösungen mit Funktions- und Bedienelektronik, Software und Gehäuse werden

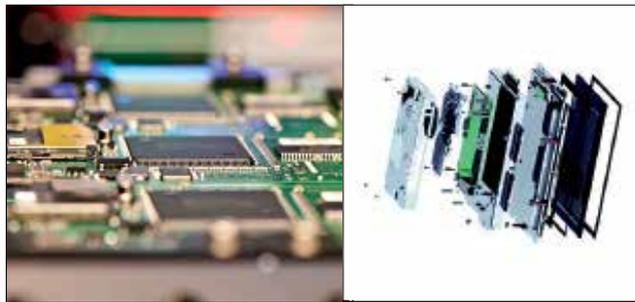
entweder kostengünstig auf Basis individuell angepasster Standardlösungen (Baukastensystem) konfektioniert oder bei Bedarf auch völlig neu designed.

Alle technischen und vertrieblichen Ressourcen sind einschließlich des Kundenservices auf ca. 3000 m<sup>2</sup> am Standort Hamburg gebündelt. Daher können die Kunden immer komplett aus einer Hand betreut werden, von der Entwicklung des Lastenheftes über Prototypenbau, Serienfertigung bis hin zum Kundendienst. Dies erlaubt kurze Bearbeitungszeiten bei gleichzeitig höchster Qualität.

Die einbaufertigen HMIs (SBC plus Touchdisplay und Gehäuse vormontiert) werden sowohl für die Montage von der Innenseite (Rear Mount) - als auch für den Einbau von vorne in einen Ausschnitt der Gehäusefront (Panel Mount) angeboten. Oder benötigen Sie eine nahtlose bzw. flächenbündige Integration in Ihr Endgerät, weil eine problemlose Reinigung wie z.B. in der Gastronomie oder bei Medizin-Geräten erforderlich ist? Dazu bietet das Unternehmen die Komplettsysteme auch in Flush Mount Ausführung an. Touches sind in verschiedenen Technologien erhältlich, inkl. der passenden Deck- und Schutzgläser. Egal welche Variante - alle Komplettlösungen ermöglichen eine besonders schnelle und problemlose Montage. Die Produkte werden exakt so designed, dass sie den Anforderungen verschiedener Zielgruppen aus dem industriellen Umfeld entsprechen.



Das aktuelle Headquarter in Hamburg



Vom SBC bis zum voll konfektionierten HMI-System - alles aus einer Hand



„Komplette HMI Lösungen, ready-to-run geliefert - für eine schnelle Markteinführung Ihrer Produkte.“

Manfred Garz, Geschäftsführer,  
Leiter Embedded Systems,  
Garz & Fricke GmbH

Gründungsjahr: 1992  
Mitarbeiter: 125  
Firmensitz: Hamburg und  
Vertriebsbüro Bad Camberg

## Zertifizierungsstand

- ISO 9001:2008
- ISO 13485:2003 + AC:2009

## Geschäftsbereiche

- Embedded Systems (32- und 64 Bit)
- Vending & Telemetrie

## Leistungen (Embedded Systems)

- OEM Anbieter für Single-board-computer und HMI Serien mit (Touch-) Display
- Fokus auf ARM basierten Technologien
- Hard- und Software (Auslieferung mit vorinstalliertem Betriebssystem)
- Linux, Android, Windows Embedded Compact
- Kundenspezifische Lösungen
- In-House Produktion made in Germany

## Vertrieb

D-A-CH (Direktvertrieb), Europa und Übersee (Sales Partner)

## Kontakt

Garz & Fricke GmbH  
Ansprechpartner Marketing:  
Daniel Piper  
Tempowerkring 2  
21079 Hamburg, Germany  
T +49/40/7918993-0  
F +49/40/7918993-9  
info@garz-fricke.com  
www.garz-fricke.com



„Unser Ziel ist es, gemeinsam mit den Partnern Werte für Menschen zu schaffen.“

Philip F. W. Harting, Vorstandsvorsitzender und Gesellschafter der HARTING Technologiegruppe

#### HARTING Technologiegruppe

- Produzent und Anbieter leistungsfähiger Verbindungs- und Netzwerktechnik
- Seit 1979 konsequente Internationalisierung, weltweit 43 Vertriebsgesellschaften und Vertretungen
- 13 Produktionsstätten in Deutschland, den Niederlanden, Frankreich, Großbritannien, Mexiko, Rumänien, Russland, USA, China, Indien und der Schweiz
- Optimale Lösungen durch konsequente Kundenorientierung und Vernetzung aller Bereiche

#### Kennzahlen für 2016/2017

- Umsatz: 672 Millionen €
- 4.639 Mitarbeitende, darunter mehr als 700 Ingenieure und Naturwissenschaftler (Stand 30.9.2017)

#### Kontakt

HARTING KGaA  
 Marienwerderstraße 3  
 32339 Espelkamp, Germany  
 T +49/05772/47-0  
 info@HARTING.com  
 www.harting.com

#### Firmenbeschreibung

Die HARTING Technologiegruppe mit Sitz im ostwestfälischen Espelkamp ist ein weltweit agierender Hersteller von Verbindungstechnik. Das Unternehmen bietet ein breites Spektrum an Lösungen für die Übertragung von Daten, Signalen und Leistung im industriellen Umfeld.

Mit ihren Kompetenzen in den Bereichen Industriesteckverbinder, Geräteanschlussstechnik, Intelligente Netzwerke und Montagetechnik produziert und vertreibt die Technologiegruppe sowohl standardisierte Produkte als auch kundenspezifische Lösungen für die Lebensadern der Industrie.

Das Portfolio reicht von individuellen und standardisierten Steckverbindern und Geräteanschlussstechnik über einzelne Netzwerkkomponenten bis hin zu komplett vorstrukturierten Versorgungs- und Installationskonzepten inklusive Kabelkonfektionierung. Veranschaulicht im Dreiklang – Installation Technology, Device Connectivity und Smart Network Infrastructure – verfolgen alle HARTING Lösungen immer ein klares Ziel: den Nutzen in der Anwendung! HARTING Produkte vernetzen Geräte, Maschinen und Anlagen, indem sie Daten, elektrische und optische Signale, Leistung sowie Druckluft übertragen.



Ethernet-Netzwerke im modularen Industriesteckverbinder erweitern: der Han-Modular® Switch US4



Pushing Performance

Modulare Steckverbinder machen Maschinen und Anlagen flexibler für Umrüstung und Erweiterung. Dadurch entstehen Lösungen u.a. für die Märkte Maschinenbau, Automatisierungstechnik und Industrielle IT, Verkehrstechnik, Energieerzeugung und -verteilung, Lebensmittel- und Einzelhandel sowie Automotive.

HARTING versteht Industriesteckverbinder als Teil der Integrated Industry Lifecycle Journey. Das Unternehmen verknüpft die direkten Anforderungen des Kunden schnell und passgenau mit eigenen Entwicklungen und Lösungen. Die Kunden profitieren so von jahrzehntelanger Markterfahrung und dem nötigen Know-how, um für ihre neuen Produkte und Applikationen alle erforderlichen Prüfungen und Labortests nach modernsten Standards zu absolvieren.

Dazu steht das HARTING Qualitäts- und Technologiecenter (HQT) zur Verfügung, in dem an neuen Verbindungs-Technologien geforscht wird und wo elektrotechnische Qualitätsprodukte und Lösungen für die Welt von Morgen entwickelt werden.

Das Familienunternehmen beschäftigt in seinen 13 Produktionsstätten, den zentralen Unternehmenseinheiten sowie den 44 Vertriebsgesellschaften weltweit über 4.600 Mitarbeitende.\*



Miniaturisierung: Buchse des ix Industrial (r.) im Vergleich zu der des RJ45 – die Leistungsfähigkeit ist gleich!



### HEITEC: Dienstleistung nach Maß

Elektronik-Entwicklung, Gehäusetechnik, Fertigung und Systemintegration aus einer Hand HEITEC steht für Industriekompetenz in Automatisierung und Elektronik und bietet Lösungen, Produkte und Dienstleistungen mit den Inhalten Software, Mechanik und Elektronik. Die Services setzen sich aus Entwicklung, Fertigung und einem kompletten Gehäusetechnik-Angebot zusammen. Im HEITEC-Kompetenzzentrum am Standort Eckental bei Nürnberg ist die gebündelte Elektronik-Kompetenz des Unternehmens unter einem Dach zusammengefasst. Die hier erzeugten Synergien bieten Kunden die besten Lösungen aus einer Hand und eine optimale Basis zur Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit – dabei immer im Fokus die Qualität der Lösung und die Reaktionszeit, um eine schnelle Markteinführung zu ermöglichen. In enger Zusammenarbeit mit HEITEC können Kunden die Entwicklung ihrer Produkte begleiten oder bestehende Produkte optimieren.

Im Bereich der Gehäusetechnik steht ein umfassendes Portfolio von Standardprodukten zur Verfügung, um möglichst kostengünstige Lösungen zu realisieren. Die Linien umfassen neben „klassischen“ Elektronik-Aufbausystemen, wie z.B. ver-

schiedene Baugruppenträger oder Tisch- und Systemgehäuse auch ein großes Angebot an Einzelteilen und –Zubehör. Fehlende Teile, Elektronikbaugruppen und Systemkomponenten werden auf Wunsch von HEITEC individuell entwickelt und gefertigt. Die Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt und neuesten Technologiestandards angepasst.

Mit skalierbaren Serviceangeboten in Entwicklung und Fertigung bietet HEITEC schon ab kleinen Stückzahlen maximalen Nutzen. HEITEC übernimmt dabei gewünschte Teilbereiche oder den Komplettservice in Konzeption, Entwicklung, Fertigung, Test und After Market, etwa Anpassungen auf Einzelteil-Ebene, verschiedene Integrationstiefen bis hin zu komplett individuellen Systemlösungen. Das heißt: Diese werden komplett nach Kundenwunsch designt, auf die jeweilige Anwendung punktgenau zugeschnitten und, wenn gewünscht, über den gesamten Lebenszyklus weiterentwickelt und unterstützt.

Die Zielmärkte umfassen u.a. Energietechnik, Medizintechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Luft- und Raumfahrt sowie Anlagen- und Maschinenbau unter Einbindung des übergreifenden Themas Industrie 4.0.



Das HEITEC Kompetenzzentrum in Eckental



Maßgeschneiderte Elektroniklösungen von HEITEC



*„Wir unterstützen unsere Kunden von der Idee zum Produkt bei Entwicklung, Fertigung und Gehäusetechnik.“*

*Roland Chochoiek, Executive Vice President Business Unit Electronics HEITEC AG*

#### Kompetenzen/ Leistungsangebot

- Entwicklung von kundenspezifischen Systemen
- Fertigung und Test von Elektronikprodukten ab Losgröße 1
- Professionelle Gehäusetechnik vom Standardprodukt bis zur Systemlösung

#### Wir verhelfen Ihnen zu besten Systemlösungen

- Systementwicklung
  - Board-Entwicklung
  - Gehäuse- und Systemtechnik mit einem breiten Portfolio an Standard-Gehäuse-Komponenten und -Plattformen sowie kundenspezifischen Lösungen
  - Baugruppen- und Systemfertigung
  - Integration der Systemplattform und -lösung
- Passend zum jeweiligen Geschäftsmodell unserer Kunden übernehmen wir Komplettprojekte oder bieten die einzelnen Teilpakete an.

#### Mitarbeiter

> 1.000

#### Umsatz

> 120 Mio. Euro (2017)

#### Kontakt

HEITEC AG  
Dr.-Otto-Leich-Straße 16  
90542 Eckental, Germany  
T +49/9126/2934-142  
elektronik@heitec.de  
www.heitec-elektronik.de



„Seit 1986 tun wir vor allem eines: Über uns hinauswachsen!“

Hans-Jürgen und Sebastian Hilscher, Geschäftsführung

### Gründung

1986 von Hans-Jürgen Hilscher

### Firmensitz

Hattersheim

### Mitarbeiteranzahl

ca. 320 Mitarbeiter weltweit

### Niederlassungen

Bulgarien, China, Frankreich, Indien, Italien, Japan, Korea, Schweiz und USA und Vertretung in allen Regionen der Welt.

„Kontinuierliches Wachstum aus eigener Kraft ist auch weiterhin unsere Maxime und gewährleistet unseren Mitarbeitern einen sicheren Arbeitsplatz sowie unseren Kunden einen verlässlichen Partner. Natürlich sind wir nach ISO 9001 zertifiziert und haben auch die Umweltzertifizierung ISO 14001 erfolgreich abgeschlossen.“

### Kontakt

Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH  
Rheinstraße 15  
65795 Hattersheim, Germany  
T +49/6190/9907-0  
F +49/6190/9907-50  
info@hilscher.com  
www.hilscher.com

### Firmenbeschreibung

Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH ist einer der führenden Anbieter von Produkten für die industrielle Kommunikation.

Die Produkte von Hilscher reichen von PC-Karten, Gateways über OEM-Aufsteckmodule bis hin zu leistungsfähigen ASICs mit den dazugehörigen Protokoll Stacks für Feldbusse sowie Real-Time-Ethernet. Diese werden weltweit zur Kommunikation zwischen Automatisierungsgeräten und Steuerungen eingesetzt, bei PC-Karten ist Hilscher in diesem Bereich der Marktführer.

Hilscher konzentriert sich auf seine Kernkompetenzen mit dem Anspruch, zu den Besten am Markt zu gehören – und setzt seit Jahren immer wieder Maßstäbe.

Zum Beispiel mit dem Netzwerk-Controller netX entwickelte Hilscher den ersten Multiprotokoll-Chip, der alle Real-Time-Ethernet-Systeme beherrscht. Die netX-Technologie ist Teil einer Systemlösung, zu dem Software, Tools und Design Ser-

vice gehören und wird mittlerweile von mehr als 200 Firmen in deren Produkten genutzt.

Industrie 4.0 und Internet of Things / IoT sind weltweit in aller Munde. Für Hilscher bedeutet dies die vierte industrielle Revolution, die eine durchgängige Kommunikation vom Sensor bis in die Cloud benötigt. Hilscher nennt das Industrial Cloud Communication und netIOT ist die Technologie dazu.

Es basiert auf weltweiten Standards und ist noch umfassender und komplexer, denn netIOT geht mit mehreren neuen Technologien über alle Schichten der Automatisierungspyramide hinweg und darüber hinaus. Die netIOT-Technologie und netIOT Service: Die Interaktion von Maschinenbau, Automatisierungsanbieter und Informationstechnologie ermöglicht neue Geschäftsmodelle und Produktivitätssteigerungen.

Hans-Jürgen Hilscher: „Wir kennen nicht Ihre Geschäftsmodelle von morgen, aber wir können Ihnen schon heute die Technologie liefern, die Sie dazu benötigen.“



Hauptsitz in Hattersheim



netIOT – Industrie 4.0 wird Realität

# HY-LINE®

## COMPUTER COMPONENTS

### HY-LINE Computer Components® – Ihr Partner für Display Technologie, Embedded Computing, Signal Management/Signal Extender, Systemlösungen und Services

Sie finden bei HY-LINE Computer Components TFT Displays, Touch Screens, Front- und Schutzgläser, Single Board Computer, Computer on Module und Display Controller. Neben elektronischen Bauelementen werden auch die Integration bzw. Assemblierung von Displays, Touchscreens und kundenspezifischen Deckgläsern angeboten. Trends wie optische Veredelung von TFT Displays durch spezielle Folientechnik bzw. Optical Bonding finden Anwendung. Long-Distance-Lösungen für DVI, HDMI, DisplayPort, SDI, HDBaseT und USB-Datenübertragung erweitern das Portfolio als auch Flash und Grafik Controller Ethernet und Wireless Device Server und Solid State Disks.

Eine umfangreiche Palette an DisplayPort Produkten runden das vielfältige Leistungsangebot ab. Zur Linecard gehören u.a.: LG Display, Sharp, DataImage ONation, DMC, Inotouch, Mitsubishi Electric, Kontron, The P-Cap, Lantronix, Fujitsu Technology Solutions GmbH, ELO Touch Solutions, Opticis, Icron, Parade, THine und Silicon Motion.

### Firmenphilosophie

HY-LINE setzt auf innovative Technologien zu wettbewerbsfähigen Preisen. Der Kunde erhält individuelle Beratung, Applikationsunterstützung und interessante Produkte von Herstellern, die sich durch technische Lösungen von anderen abheben. Seit der Gründung vor dreißig Jahren verfolgt HYLINE ein kundenorientiertes Unternehmenskonzept, das die hohe Innovationsrate der Elektronik und die damit verbundenen Anforderungen an applikationsspezifischem Know-how berücksichtigt. HY-LINE Computer Components bedient ein spezielles Anwendungssegment mit eigenem Know-How für diese Applikationen und verfügt intern über Support-Mitarbeiter, Produktspezialisten sowie Applikations- und Vertriebsingenieure. Die Entwicklungsunterstützung geht deutlich über die reine Produktvorstellung hinaus. Mit Entwicklungskits, Designtools und Software-Unterstützung kann der Entwicklungsprozess beschleunigt werden. Bei der Auswahl der Hersteller wird großer Wert darauf gelegt, dass jeder in seinem Fachgebiet als Spezialist mit einzigartigem Know-how gilt. Von dieser Lösungskompetenz lässt sich profitieren. Zudem werden alle Hersteller und deren Produkte auch nach der Nutzung von Synergien ausgewählt. Die Komplettlösung steht dabei immer im Vordergrund.



„HY-LINE Computer Components bietet kompetente Design-Unterstützung wovon Lieferanten wie Kunden profitieren.“

Martin Dibold, Geschäftsführer

**Gründungsjahr**  
1990

### Zielfmärkte

Alle Bereiche industrieller Elektronik und Automation, Medizintechnik, Steuerungstechnik, Bahntechnik, Point of Sale, Point of Information und Hausautomatisierung.

### Präsenz

Zentrale in Unterhaching bei München mit Niederlassung in der Schweiz und Vertriebsbüros im gesamten Bundesgebiet.

### Qualitätsmanagement

ISO 9001-zertifiziert, RoHS- und REACH-konforme Lieferung

### Kontakt

HY-LINE Computer Components GmbH  
Inselkammerstraße 10  
82008 Unterhaching, Germany  
T +49/89/614503-40  
F +49/89/614503-50  
computer@hy-line.de  
www.hy-line.de/computer



„Wir stehen für sichere Kommunikation und die Vernetzung von Datenpunkten in M2M- und IoT-Anwendungen.“

Wolfgang Wanner, Leiter  
Marketing & Sales Consultancy

#### INSYS icom

Marke der INSYS  
MICROELECTRONICS GmbH

#### Mitarbeiterzahl

64

#### Gründung

1992

#### Kontakt

INSYS icom  
Hermann-Köhl-Strasse 22  
93049 Regensburg, Germany  
T +49/941/58692-0  
F +49/941/58692-45  
info@insys-icom.de  
www.insys-icom.de



#### Firmenbeschreibung

Seit 1992 ist INSYS icom der führende Technologiepartner für professionelle Datenkommunikation sowie M2M- und IoT-Kommunikationslösungen. Das Produkt- und Service-Portfolio ermöglicht neue digitale Services oder die Migration bestehender Technik im Zuge von Industrie 4.0. Endkunden und Partner können die Vorteile einer schnellen Einführung, optimierter Kosten sowie eines geringen Risikos nutzen und so komplett neue Geschäftsmodelle generieren. Technologien von INSYS icom sind dabei sicher, zuverlässig, bedienerfreundlich und in Industriequalität „made in Germany“.

INSYS icom bietet professionelle Datenübertragung über LAN, DSL und Mobilfunk. Die Produkte erfüllen insbesondere die hohen Anforderungen an kritische Infrastrukturen. Klassische Anwendungen wie Fernwarten, Fernwirken oder Zustandsüberwachung lassen sich realisieren und durch die Vernetzung von Datenpunkten (z.B. Sensordaten) zu individuellen IoT-Lösungen ausbauen. Zentralisierte Ansätze, in denen verteilte Anwendungen ihre Daten an Clouds und andere Speicher- und Verarbeitungsmedien übergeben

und von dort aus gesteuert werden, können mit dezentralen Ansätzen, in denen die lokalen Einheiten über eine gewisse Autonomie verfügen, beliebig kombiniert werden.

Die Basis für all diese Anwendungen ist ein hoch vorintegriertes, skalierbares und flexibles Ecosystem mit professionellen Routern und unterstützenden Connectivity-Services wie VPN oder SIM. Serielle und IP-fähige Geräte lassen sich hersteller- und protokollunabhängig vernetzen und deren Daten erfassen und verarbeiten. Ebenso flexibel ist die Anbindung an Cloud-Dienste, mobile Endgeräte und kundenspezifische Infrastrukturen. Mittels einer integrierten Softwareumgebung und passenden Construction Kits lassen sich Steuerungen, Protokollwandler o. ä. zudem virtualisieren und auf dem Router konsolidieren.

Das ganzheitliche Konzept von INSYS icom umfasst neben den Standardprodukten auch Beratungs-, Planungs- und Integrationsdienstleistungen sowie die Applikationsentwicklung von Hard- und Software. Ergänzt wird dies durch einen kompetenten, technischen Service mit eigenem Helpdesk.



Professionelle Kommunikationslösungen mit Edge- und Cloud-Computing von INSYS icom.



*„Seit Jahrzehnten setzen Kunden in aller Welt auf Kingbright's Qualität, Effizienz und erstklassigem Service!“*

*Udo Reinhold, Geschäftsführer*

**Produktschwerpunkte:**

- SMD-LEDs
- SMD-Displays
- THT LEDs
- THT Displays

**Firmenbeschreibung**

Kingbright hat sich seit seiner Gründung im Jahr 1980 zu einem der führenden Hersteller von LED Produkten entwickelt. In den letzten Jahren hat Kingbright seinen Schwerpunkt auf die Produktion von SMD-LEDs gelegt und fertigt SMD-LEDs vom 0201 Package über die gängigen 0402, 0603, 0805, 1206, PLCC-2 Packages bis hin zum SOT-23 Package. Namhafte OEM- und EMS-Kunden in aller Welt verlassen sich seit vielen Jahren auf Kingbright's Qualität und Service.

Kingbright Electronic Europe GmbH mit Sitz in D-47661 Issum wurde im Jahr 2001 gegründet. Im

Jahr 2003 gründete Kingbright Electronic Europe GmbH ein Vertriebsbüro in F-92150 Suresnes (Paris). Von diesem Verkaufsbüro werden Kunden in Frankreich, Portugal, Spanien und Tunesien betreut.

Kingbright Electronic Europe GmbH verfügt über ein großes und gut sortiertes Lager, um seinen europaweiten Kunden in Industrie und Handel eine pünktliche und zuverlässige Belieferung zu garantieren.



Kingbright Sitz in Frankreich



Kingbright Hauptsitz in Deutschland

**Kontakt**

Kingbright Electronic Europe GmbH  
 Udo Reinhold  
 Lindenau 7  
 47661 Issum, Germany  
 T +49/2835-4446-0  
 F +49/2835-4446-29  
 info@kingbright-europe.de  
 www.kingbright-europe.de



„Wir bieten Systemlösungen aus einer Hand.“

Eugen Elmiger, CEO  
(Vorsitzender der  
Geschäftsleitung  
maxon motor ag)

„Geschätzte Leser, erst in einem System können Motoren ihre Stärken ausspielen. Deshalb entwickelt und produziert maxon auch Getriebe, Sensoren und Steuerungen. Plattformübergreifende Systemlösungen aus einer Hand: Darauf fokussieren wir uns genauso in Zukunft. Perfekt aufeinander abgestimmte Komponenten sind in vielen Branchen gefragt, besonders in der Robotik. In Hinsicht auf unsere Frameless-Motoren konnten wir viele Fans gewinnen. Durch die getrennte Lieferung von Stator und Rotor kann der Kunde diese Kraftpakete nach eigenen Wünschen in sein System integrieren. „Spannende Anwendungen aus der Antriebstechnik, Interviews mit Experten oder Tipps zur richtigen Antriebsauswahl: im maxon motor Magazin „driven“ wird eine breite Palette an Themengebieten abgedeckt. Weitere Informationen: [magazin.maxonmotor.de](http://magazin.maxonmotor.de)“

Eugen Elmiger  
Vorsitzender der Geschäftsleitung

#### Hauptsitz

maxon motor ag  
6072 Sachseln, Switzerland  
T +41/666/15-00  
[info@maxonmotor.com](mailto:info@maxonmotor.com)  
[www.maxonmotor.com](http://www.maxonmotor.com)

#### Vertriebsgesellschaft

maxon motor gmbh  
81825 München, Germany  
T +49/89/420493 -0  
[info@maxonmotor.de](mailto:info@maxonmotor.de)  
[www.maxonmotor.de](http://www.maxonmotor.de)

### Wir entwickeln und bauen unerschämt gute Antriebe.

Bei maxon motor entwickeln und bauen wir Elektroantriebe, die richtig stark sind. Unsere bürstenbehafteten und bürstenlosen DC-Motoren gehören weltweit zu den Besten. Sie werden überall dort eingesetzt, wo die Anforderungen hoch sind und Ingenieure keine Kompromisse eingehen wollen. maxon Motoren treiben die NASA-Rover auf dem Mars an. Sie sind in Insulinpumpen eingebaut und in chirurgischen Handgeräten. Man findet sie in Humanoiden Robotern oder in hochpräzisen Industrieanlagen, in Tattoo-Maschinen, Passagierflugzeugen, Kameraobjektiven, Rennautos, Herzpumpen.

Seit 1961 ist das Schweizer Unternehmen maxon motor in der Antriebsbranche zu Hause und hat sich mit starken Produkten und tollem Service behautet. Doch der gute Ruf muss jeden Tag bestätigt werden. Deshalb investieren wir jährlich einen grossen Teil des Umsatzes in Entwicklung und Forschung sowie in unsere Mitarbeiter. Weltweit beschäftigt maxon rund 2.577 Personen an neun Produktionsstandorten und ist in über 30 Ländern mit Vertriebsgesellschaften präsent. Dieses globale Netz verschafft uns die nötige Nähe zu den Kunden und eine Flexibilität, die es uns erlaubt, rasch auf neue Marktsituationen zu reagieren. Damit wir auch in Zukunft die Nummer 1 im Antriebsmarkt sind.



**maxon motor**

**driven by precision**

### maxon motor Online Shop Deutschland

maxon motor Online Shop Deutschland maxon bietet nebst kundenspezifischen Lösungen eine große Palette an Katalogartikeln an.

Das „maxon selection program“ (MSP) sucht für den Anwender nach passenden Antriebssystemen, die zu seinen individuellen Spezifikationen passen unter [myshop.maxonmotor.de](http://myshop.maxonmotor.de) oder [shop.maxonmotor.de](http://shop.maxonmotor.de).

### Neue Produktfamilie ECX Torque

Die neueste Produktfamilie auf der ECX-Plattform heisst ECX TORQUE. Die ECX TORQUE sind bürstenlosen DC-Motoren und ergänzen das bestehende EC-Produktprogramm im Bereich der drehmomentstarken Antriebe. Sie verwenden Gehäuseteile der ECX SPEED, sind aber mit eisenbehafteten Statoren ausgerüstet und somit als Innenläufer ausgebildet.

Zur Anwendung kommen sie typischerweise in industriellen Geräten, Handtools und überall dort wo ein robuster Motor mit einem hohen Drehmoment bei gleichzeitig hoher Regelgenauigkeit gefordert ist. Die Baureihe besteht aus den zwei Durchmessern 16 und 22 mm, welche je in den drei Längen M, L und XL ausgeführt sind. Neben der etwas kostengünstigeren Ausführung 'Standard' gibt es eine Version 'High Power', die rund 20 % mehr Drehmoment und eine mindestens 50 % höhere Leistung liefern kann.





„Unsere vielfältigen Produkte und Lösungen haben eines gemeinsam: Sie sind überall im Einsatz.“

Dipl. Ing. Robert Wiatr, Manager Strategic Marketing, Power Semiconductors

### Firmenbeschreibung

**Produktportfolio:** Leistungshalbleiter (Insulated Gate Bipolar Transistoren, Intelligente Power Module und MOSFET Module), Halbleiter für Hochfrequenz (Galliumnitrid-, Galliumarsenid- und Silizium MOSFET-basierte Transistoren und Module), Halbleiter für Optoelektronik (Laser- und Photodioden) sowie TFT-LCD Module (3,5“ bis 19.2“) für sowohl industrielle als auch Automotive-Applikationen.

**Firmenausrichtung:** Mitsubishi Electric gehört zu den weltweit führenden Unternehmen in der Herstellung, im Marketing und Vertrieb von elektrischen und elektronischen Produkten für die vielfältigsten industriellen Anwendungen und Alltagsbereiche.

Seit 1978 ist Mitsubishi Electric in Deutschland vertreten. Die deutsche Niederlassung in Ratingen, Nordrhein-Westfalen, ist für die Durchführung der technischen Service-, Vertriebs- und Marketingaktivitäten in Deutschland verantwortlich. Für den Geschäftsbereich Semiconductor werden von Ratingen aus auch die Exportaktivitäten für EMEA gesteuert. In der Halbleiter-Technologie nimmt Mitsubishi Electric weltweit eine führende Rolle ein. Innovatives Denken, Investitionen in moderne Produktionsstätten in Fukuoka, Kita-Itami und Kumamoto (Japan) sowie leistungsfähige Entwicklungsabteilungen sichern diese Spitzenposition.

Die Kunden profitieren von umfassenden technischen Serviceleistungen sowie einem breiten Vertriebs- und Distributionsnetz.

### Präsenz

Europäische Firmenzentrale in Ratingen (bei Düsseldorf); Verkaufsbüros in Mailand, London, Paris, Moskau und Madrid

### Zielmärkte

**Leistungshalbleiter:** Automotive, Motorsteuerung, HGÜ, Bahntechnik, Regenerative Energien, USV, Weiße Ware, Medizintechnik, Aufzüge, Schweißtechnik, Pumpen, Gabelstapler

**Hochfrequenz:** Radarapplikationen für Automotive und Industrie, Satellitenkommunikation, Mobilfunk, Betriebs- und Sicherheitsfunk

**Optoelektronik:** Digitale und analoge Übertragungssysteme, Industrielle Applikationen, Lichtquellen für Display- und Messtechnik-Anwendungen.

**TFT-LCD Module:** Industrielle Applikationsfelder wie Automatisierungstechnik, Messsysteme, Bank- und Verkaufsautomaten, Verkehrstechnik, Medizintechnik sowie Land- und Baumaschinen. Automotive Markt für Applikationen im Fahrzeug wie z.B. IC (Instrument Cluster), CID (Central Information Display) und CMS (Camera Mirror Systems).

### Dienstleistungen

Import, Vertrieb, Export und technische Unterstützung

### Qualitätsmanagement

- Deutsche Niederlassung: ISO 9001, 14001
- ISO/TS22163 (Leistungselektronik)
- IATF 16949 (TFT Automotive)



Ansicht der Firmenzentrale in Ratingen



Mitsubishi Electric - Produktportfolio

### Kontakt

Mitsubishi Electric Europe B.V.  
Semiconductor European Business Group  
Mitsubishi-Electric-Platz 1  
40882 Ratingen, Germany  
T +49/2102/486-0  
F +49/2102/486-4140  
semis.info@meg.mee.com  
www.mitsubishichips.eu



„Wir wollen unsere Kunden bei der Optimierung ihrer Produkte unterstützen.“

Rolf Aschhoff,  
GF Mornsun Power GmbH

Mornsun ist einer der weltweit größten Hersteller von DC/DC- und AC/DC-Konvertern, AC/DC-Adaptoren und Transceiver-Modulen

**Gründungsjahr**  
1998

#### Produkte

- 0,25 bis 200 W DC/DC-Wandler
- 1 bis 540 W AC/DC-Wandler
- 5 bis 65 W AC/DC-Adapter
- Transceiver Module
- IGBT/LED Treiber

#### Vertrieb&Service

- Weltweites Vertriebsnetzwerk
- Lokale Niederlassungen
- Kundenorientiertes Servicekonzept
- Schnelle Reaktionszeiten

#### Auslandsgesellschaften

- Mornsun America LLC
- Mornsun Power GmbH

#### Zielmärkte

- Allgemeine Stromversorgungen
- Netze mit starken Spannungsschwankungen
- industrielle Geräte und Anlagen
- Smart Home-Applikationen
- PV-Anlagen

#### Kontakt

Mornsun Power GmbH  
Rolf Aschhoff  
Mayerbacherstraße 32  
85737 Ismaning, Germany  
T +49 89/6933502-00  
F +49 89/6933502-99  
info@mornsunpower.de  
www.mornsunpower.de

# MORNSUN®

## Firmenbeschreibung

Mit über 2000 Mitarbeitern und mehr als 100.000 qm Produktionsfläche zählt die 1998 gegründete Mornsun Guangzhou Science & Technology Co., Ltd. zu dem weltweit größten Hersteller von DC/DC-Wandlern, AC/DC-Konvertern, Transceiver-Modulen und anderen elektronischen Produkten mit Potentialtrennung.

Unser erklärtes Ziel ist es, Anwender von Stromversorgungen mit innovativen selbstentwickelten Produkten bei der Optimierung ihrer Geräte, Systeme und Anlagen zu unterstützen. So hat Mornsun beispielsweise erst kürzlich nach mehrjähriger intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit eine völlig neue Generation von Gleichspannungswandlern mit fester Eingangsspannung vorgestellt, die statt auf traditionellen automatisch selbsterregten Royer-Transduktoren und Gegentakt-Schaltungen erstmals auf einem hochintegrierten Schaltungsdesign basiert.

Durch diesen Schritt werden nicht nur bekannte Nachteile der Royer-Schaltungen wie etwa die ungleichmäßige Leistungsfähigkeit eliminiert; der Anwender profitiert auch von völlig neuen Produkt-Features.



LM78xx-kompatible K78R3-Schaltregler-Serie

Mornsun hat bis heute mehr als 600 Schutzrechte erhalten und zählt mit über 300 F&E-Mitarbeitern zu den innovativsten Unternehmen der Branche.

Mornsun ist nicht nur Mitverfasser der nationalen Normen NB/T 42039-2014, Energy 20130817 und GB4943 sowie Mitglied der Arbeitsgruppe Produktsicherheitsnormen im Ministerium für Industrie und Informationstechnologie, sondern auch der bislang einzige nach dem Automotive Product System Standard IATF16949 zertifizierte chinesische Stromversorgungshersteller.

Dank weiterer internationaler Zertifizierungen beispielsweise nach ISO9001:2015 (Qualitätsmanagement), ISO14001 (Umweltmanagement) und OHSMS18001 (Arbeitsschutzmanagement) genießen unsere Produkte auch bei großen international agierenden OEMs einen hervorragenden Ruf.

Zahlreiche Auszeichnungen wie "Beste Arbeitgeber Chinas", "Science and Technology Prize of China Power Supply Society", etc. dokumentieren Mornsuns einzigartige, auf Vertrauenswürdigkeit, Qualität, Zuverlässigkeit, Respekt, Nachhaltigkeit und Innovationen basierende Firmenkultur.



Kompakte AC/DC-Konverter der LHE-Baureihe



**Mouser Electronics – stets das Allerneueste**

Europäische Entwicklungsingenieure entdecken den Mouser-Unterschied. Mouser Electronics, Inc., weltweit bekannt als eine der besten Quellen für Halbleiter und Elektronikbauteile, ist ein autorisierter Distributor, der die neuesten Produkte und die fortschrittlichste Technologie mit exzellentem Kundenservice verbindet. Die Mouser-Niederlassungen bieten ihren Kunden vor Ort Service in der jeweiligen Landessprache und lokalen Währungen. Der europäische Hauptsitz ist in München; weitere Büros befinden sich in Großbritannien, Spanien, Italien, Tschechien, Frankreich, Schweden, den Niederlanden und Israel. Insgesamt kommt Mouser auf 23 Customer Service Center in Europa, Asien und Amerika.

„Vor 13 Jahren haben wir entdeckt, dass wir einen Service bieten können, der speziell auf Entwicklungsingenieure und Abnehmer kleiner Bestellmengen zugeschnittenen ist, wenn wir uns auf das frühe Stadium des Produktdesignzyklus konzentrieren“, erklärt Mark Burr-Lonnon, Mouser Senior VP für Business in Europa. „Wir ermöglichen den Kauf von Einzelteilen ohne Mindestbestellmengen,

versenden am selben Tag, informieren sofort über Produktobsoleszenz und bieten einfachen Zugang zu den neuesten Produkten und Spitzentechnologien. Dank der bei uns verfügbaren brandneuen Technologie können europäische Entwicklungsingenieure ihre Markteinführungszeiten optimieren.“ Mouser verfügt über den umfangreichsten online Katalog der Elektronikbranche. Die Firmenwebseite [www.mouser.de](http://www.mouser.de) wird täglich mit den neuesten Produkten und Technologien von über 700 Spitzenlieferanten aktualisiert. 5 Millionen Produkte sind auf [mouser.de](http://mouser.de) für einen unkomplizierten Einkauf verfügbar. Außerdem stehen Millionen von Datenblättern zum kostenlosen Download bereit sowie Lieferanten-spezifische Referenzdesigns, Anwendungshinweise, technische Designinformationen und Produktverfügbarkeit. Bestellungen werden noch am selben Tag von Mousers hochmoderner Lagerhalle aus losgeschickt – täglich an etwa 600.000 Kunden in 220 Ländern weltweit. Mouser ist Tochterfirma von TTI, Inc und Mitglied der angesehenen Berkshire Hathaway Unternehmensgruppe.



Hauptsitz in Texas, USA



Mousers hochmodernes Warenlager



*„Die neueste Technologie und der beste Service für Ingenieure – für die schnellstmögliche Markteinführung ihrer Produkte.“*

*Mark Burr-Lonnon, Senior VP für Business in Europa und Asien bei Mouser Electronics*

**Mitarbeiter**  
über 2.100

**Gründungsjahr**  
1964

**Niederlassungen**  
23 Büros in Europa, Asien und Amerika

**Distributor**  
mit mehr als 700 Lieferanten  
Das Unternehmen akzeptiert 27 verschiedene Währungen

**Die Website bietet**  
17 verschiedene Sprachen

**Kontakt**  
Mouser Electronics  
Elsenheimerstraße 11  
80687 München, Germany  
T +49/89/520462-110  
F +49/89/520462-120  
[munich@mouser.com](mailto:munich@mouser.com)  
[www.mouser.de](http://www.mouser.de)



„Geballte Kompetenz an einem Standort. Das zeichnet uns seit 25 Jahren aus.“

Dr.-Ing. Holger Altmaier,  
Geschäftsführer Phoenix Testlab  
GmbH

#### Mitarbeiter

ca. 160

#### Akkreditierte Labore

- EMV
- Funk
- Umweltsimulation
- Batterie
- Elektrische Gerätesicherheit

#### Kompetenz

- Akkreditiert nach DIN EN ISO/ IEC 17025
- Anerkannt von nahezu allen namhaften OEMs
- Technischer Dienst des Kraftfahrtbundesamtes (e1, E1)
- Anerkannt vom Bundesamt für Schifffahrt und Hydrografie

#### Weltweites Zulassungen

- Benannte Stelle gemäß EMV-Richtlinie und Radio Equipment Directive
- Anerkannt als Telecom Certification Body USA, Kanada, Japan
- Konformitätsbewertungsstelle für USA (für DoC- Verfahren)
- Registered Certification Body (RCB)
- International Type Approval
- Uvm.

#### Kontakt

Phoenix Testlab GmbH  
Königswinkel 10  
32825 Blomberg, Germany  
T +49/5235/9500-0  
F +49/5235/9500155  
office@phoenix-testlab.de  
www.phoenix-testlab.de

#### Firmenbeschreibung

Phoenix Testlab ist ein unabhängiger Prüf- und Zertifizierungsdienstleister. Auf circa 9.000 qm werden elektrische und elektronische Produkte in den akkreditierten Laboren für EMV, Funk, Umweltsimulation, Elektrische Gerätesicherheit und Batterie professionell geprüft und weltweit zugelassen.

#### Geballte Kompetenz an einem Standort.

Die weltweiten Kunden von Phoenix Testlab aus den Branchen Automotive, Industrie, Luft- und Raumfahrttechnik, Schiffbau, Informationstechnologie, Eisenbahn und Medizintechnik schätzen folgenden Vorteile:

- Ein Ansprechpartner – Gut ausgebildete Projekt-ingenieure begleiten den Kunden von der ersten Anfrage bis zum Prüfbericht oder Zertifikat und organisieren die oft mehrstufigen Prüfungen in den verschiedenen Laboren.
- Qualität – Die durchgängig hohe Qualifikation der Prüfer und Projektgenieure führen zu belastbaren Ergebnissen und einer Kommunikation auf Augenhöhe.
- Kosteneffizienz durch schlanke und effiziente Prozesse.



Fünf Laborbereiche – Leidenschaft für Technik.



- Vertrauen: die Prüfberichte und Zertifizierungen von Phoenix Testlab genießen hohes Ansehen - bei internationalen OEMs und Behörden.
- Kundennähe - Die Prüfungen können vor Ort begleitet werden und die Daten mit den Prüfern besprochen werden.

#### Zertifizierungen – ein weltweiter Türöffner

Ein kompetentes Team aus Notified Bodies und Zertifizierungsexperten organisiert und überwacht in enger Absprache mit dem Kunden die Erschließung weltweiter Zielmärkte durch qualifizierte Zertifizierungen. Eine Repräsentanz in China sowie ein Tochterunternehmen in Taiwan und ein weltweites Netzwerk aus Experten stellt eine schnelle und verlässliche Zertifizierungsabwicklung unter länder-spezifischen Anforderungen sicher.

#### Schulungen und Weiterbildung

Ob Grundlagenseminare oder Vertiefungsseminare: Phoenix Testlab bietet für jeden Wissensstand zugeschnittene Weiterbildungsmöglichkeiten an. Kunden profitieren von dem hohen Praxisbezug und der langjährigen Erfahrung der ausgewählten Fachreferenten.

Weitere Infos: [www.phoenix-testlab.de](http://www.phoenix-testlab.de)



Prüfen unter Hochdruck: hier IP-Schutzart



### Innovative Spannungswandler für den Weltmarkt

Kaum mehr als 30 Jahre ist es her, dass Horst H. Bier im Souterrain seines Wohnhauses einen neuen Prototypen entwickelte. „Wir haben den ersten DC/DC-Konverter für die damals noch junge Mobiltelefonbranche entwickelt“, erinnert sich der Firmengründer heute. Nur wenige Wochen später erhielt das junge Unternehmen einen Auftrag über 8000 Stück. Heute erwirtschaftet RECOM einen Umsatz von rund 75 Millionen US-Dollar weltweit, beschäftigt rund 420 Mitarbeiter und fertigt jährlich etwa 12 Millionen Wandler.

RECOM startete 1975 in Deutschland und hat sich inzwischen zum führenden Hersteller von modularen Spannungswandlern entwickelt. Von Beginn an ist man kontinuierlich gewachsen. Ab 2003 intensivierte RECOM seine Entwicklungsaktivitäten und expandierte von Gmunden aus weiter in den europäischen, amerikanischen und asiatischen Markt. Neu entwickelte, innovative Produkte für die Automatisierungs-, Energie-, Medizin- und Bahntechnik wurden zum Motor des Unternehmenserfolgs.

### Zuverlässigkeit an erster Stelle

DC/DC Wandler kommen meist an kritischer Stelle zum Einsatz – z. B. als Spannungsversorgung für Prozessoren oder zur Isolation einzelner Schaltungsmodule wie zwischen Steuerelektronik und In-

terface. „Null Prozent Fehlerrate ist unser Ziel“ sagt Karsten Bier und verweist auf den enormen Aufwand, den sein Unternehmen sein Leben lang in Sachen Zuverlässigkeit betreibt. Der Defekt eines DC/DC-Wandlers ist für Kunden oft mit hohen Kosten verbunden und gilt es zu vermeiden. Kundenzufriedenheit ist ein wesentlicher Garant für das Wachstum des Unternehmens. RECOM-Kunden sind ausgesprochen treue Kunden. „Wer einmal unsere Wandler-Module im Einsatz hat, ersetzt nicht selten andere Fabrikate durch die unsrigen“ sagt Bier nicht ohne Stolz. In der industriellen Elektronik steht Zuverlässigkeit an erster Stelle und diese muss in ein Produkt hinein entwickelt werden. Dafür betreibt man ein eigenes Prüflabor, in dem Produkte bereits im Vorfeld auf die hohen Kundenanforderungen getestet werden. Speziell in diesem Punkt sei man den meisten Wettbewerbern laut Herrn Bier voraus. Entsprechend hoch sei die Garantiezeit auf RECOM-Produkte mit bis zu sieben Jahren.

Kunden stehen lokale Support-Center in Österreich, Deutschland, USA, Singapur, China und Japan zur Verfügung. 2017 wurden insgesamt etwa 12 Millionen Wandler gefertigt. Hierfür verfügt das Unternehmen über mehrere Produktionsstätten in Kaohsiung/Taiwan und Xiamen/China. Das Produktsortiment umfasst derzeit etwa 35.000 unterschiedliche Module. Jährlich kommen noch einmal rund 35 neue Produktfamilien dazu.



Die neue Unternehmenszentrale in Gmunden / Österreich wurde 2014 eröffnet



In der hauseigenen EMV-Kammer werden die Produkte auch auf EMV Konformität geprüft.



„RECOM steht für innovative und kosteneffiziente Stromversorgungen. Unser Know-how macht die Produkte unserer Kunden global wettbewerbsfähig.“

Karsten Bier,  
CEO der RECOM-Gruppe

### Gründungsjahr

1974

### Niederlassungen

Deutschland, Österreich, USA, Singapur, China, Japan, Taiwan, sowie Vertretungen in 55 weiteren Ländern

### Produkte

- DC/DC Wandler im Leistungsbereich von 0,25W bis 240W
- AC/DC Netzteile von 1W bis 960W
- Schaltregler bis 1,5A
- LED-Treiber von 3W bis 150W

### Sales & Service

- Exzellenter Service & Technischer Support
- Qualitätssicherungslabor In-House
- Weltweites Distributionsnetzwerk

### Kontakt

RECOM Power GmbH  
Münzfeld 35  
4810 Gmunden, Austria  
T +43/7612/88325-0  
F +43/7612/88325-700  
info@recom-power.com  
www.recom-power.com



*Helping power, protect,  
connect our world™*

Rogers Corporation

**Ticker Symbol:** NYSE ROG

**Hauptsitz:** Chandler, AZ, USA

**Gründungsjahr:** 1832

**Umsatz:** 821 Mio. USD (2017)

**Mitarbeiter:** 3.400 weltweit

**Niederlassung /  
Produktionsstätte**

USA, China, Deutschland,  
Belgien, Ungarn und  
Südkorea. Joint Ventures und  
Vertriebsbüros weltweit.

**Zertifizierung (PES)**

ISO 9001, ISO TS 16949,  
ISO 14001, IRIS Certification,  
UL-94 V-0

**Produkte**

- **curamik keramische Substrate** (curamik Power, Power Plus, Thermal & Performance)
- **curamik Mikrokanalkühler** (curamik CoolPower, CoolPower Plus, CoolPerformance, CoolPerformance Plus & CoolEasy)
- **ROLINX Stromschienen** (ROLINX Easy, Performance, Thermal, Hybrid, PowerCircuit Solutions, Compact, Housing Solutions, Flex & CapLink Solutions)

**Kontakt**

Rogers Germany GmbH  
Marc Stolpe  
Am Stadtwald 2  
92676 Eschenbach, Germany  
T +49/9645/9222-580  
F +49/9645/9222-22  
info@rogerscorp.com  
www.rogerscorp.com/pes

**Über Rogers Corporation**

Rogers Corporation (NYSE:ROG) ist ein weltweit führender Anbieter im Bereich von Hochleistungsmaterialien, die unsere Welt mit Energie versorgen, schützen und vernetzen. Mit mehr als 180 Jahren Erfahrung liefert Rogers leistungsstarke Lösungen, die saubere Energie, Internetkonnektivität, Sicherheits- und Schutzanwendungen sowie andere Technologien ermöglichen, bei denen es auf Zuverlässigkeit ankommt. Rogers liefert Leistungselektronik-Lösungen für energieeffiziente Motorantriebe, Fahrzeugelektrifizierung und alternative Energien, Elastomer-Material-Lösungen für Abdichtung, Schwingungsmanagement und Aufprallschutz in mobilen Geräten, Transporteinrichtungen, Industrieausrüstung und Leistungsbekleidung sowie Advanced Connectivity-Lösungen für drahtlose Infrastruktur, Fahrzeugsicherheit und Radarsysteme. Mit Hauptsitz in Arizona (USA) betreibt Rogers Produktionsstätten in den Vereinigten Staaten, China, Deutschland, Belgien, Ungarn und Südkorea, mit Joint Ventures und Vertriebsbüros weltweit.

In Eschenbach (Oberpfalz) ist das Unternehmen als Rogers Germany GmbH auf keramische Sub-



Power Electronics Solutions

trate (DCB & AMB) aus Keramik und Kupfer sowie Mikrokanalkühler spezialisiert und zusammen mit ROLINX® Busbars (Rogers BVBA in Gent, Belgien) ist man ein Teil der Power Electronics Solutions Gruppe (PES) im weltweiten Rogers Konzern. Der Geschäftsbereich PES bietet ausgereifte Materialtechnologien zur merklichen Steigerung der Effizienz, Wärmeregulierung und Gewährleistung der Qualität und Zuverlässigkeit leistungs- und optoelektronischer Geräte. Die hochentwickelten Materialtechnologien bieten eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten rund um die Themen Automotive, Industrie oder erneuerbare Energien. Unter dem Markennamen curamik® werden High-Tech-Lösungen in Eschenbach gefertigt und Kunden in der ganzen Welt beliefert. ROLINX® Stromschienen sind konstruierte und gefertigte laminierte Stromschienen, die den strengsten Anforderungen für E-Mobilität, Eisenbahnantriebswandler, Netz-, Wind- und Solarwandler sowie Antriebe für Industrieanwendungen entsprechen.

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.rogerscorp.com](http://www.rogerscorp.com)



Rogers Germany GmbH, Eschenbach i. d. Opf.



curamik® - keramische Substrate



### Das Unternehmen

Seit über 50 Jahren steht Rübsamen & Herr für Zuverlässigkeit und Qualität „Made in Germany“. Was 1964 als kleiner Betrieb für Elektrosteuerungs- und -bau begann, wurde im Laufe der Jahrzehnte zu einem leistungsstarken mittelständigen Unternehmen ausgebaut, das heute durch die Nachfolgeneration von Ralf Uwe Jungfer und Armin Herr geführt wird. Es werden qualitativ hochwertige und innovative Produkte für die Schaltschrank-Klimatisierung entwickelt, produziert und vertrieben. Zu den Leistungen des Unternehmens gehören sowohl ab Lager lieferbare Standardprodukte, als auch kundenspezifische Sonderlösungen. Die Kunden kommen aus den unterschiedlichsten Branchen, wie z. B. Maschinen- und Anlagenbau, Telekommunikation, Medizin- und Labortechnik sowie Verkehrs- und Energietechnik aber auch dem zukunftssträchtigen Bereich Renewable Energy. Das Qualitäts-Managementsystem ist nach DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert, ebenso die Zertifizierung als bekannter Versender.

Der Firmensitz ist in Neunkirchen / Siegerland, einem traditionsreichen Wirtschaftsstandort mitten

in Deutschland, von wo aus die Kunden weltweit „just in time“ bedient werden.

### Schaltschrank-Klimatisierung und mehr

Die zunehmende Leistungsdichte in elektrischen Schaltanlagen bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die Schutzart des Gehäuses hat eine erhebliche Verlustwärme im Schaltschrank zur Folge. Bei Außenanwendungen führen große Temperaturschwankungen und Luftfeuchtigkeit zusätzlich zu Kondensation und damit zu Fehlfunktionen und Ausfall der Geräte.

Für die Betriebssicherheit der Bauteile und zur Erhöhung der Lebensdauer sind ein wirkungsvolles Wärmemanagement und individuelle Konzepte für die Klimatisierung erforderlich. Das Komplettprogramm von Rübsamen & Herr bietet für die vielfältigen Anforderungen die optimalen Lösungen für den Bereich Schaltschrank-Klimatisierung auch unter dem Aspekt der Energieeffizienz an und wird durch ergänzende Produkte wie Schaltschrank-Beleuchtung und Schaltschrank-Zubehör abgerundet.



Der Firmensitz in Neunkirchen/Siegerland



Eine Auswahl aus dem Produktportfolio



*„Wir bieten ein umfangreiches Komplett-Portfolio für ein wirkungsvolles Gehäuse-Wärmemanagement mit einem breiten Zubehörprogramm.“*

Ralf Uwe Jungfer,  
Geschäftsführer

**Gegründet**  
1964

**Zertifiziert nach**  
ISO 9001:2008

**Geräte für die Schaltschrank-Klimatisierung und mehr**

- Filterlüfter und Austrittsfilter
- Energieeffiziente EC-Lüfter
- Kiemenscheiben Edelstahl
- Dachlüfter/Dachentlüftung
- Innenlüfter
- 19"- Lüftereinschübe
- Kleinlüfter und Zubehör
- Schaltschrankheizungen
- Kühlgeräte mit Peltiertechnik
- Entfeuchtungsgeräte
- Kühlgeräte mit Kompressortechnik
- Luft/Luft-Wärmetauscher
- Luft/Wasser-Wärmetauscher
- Drehzahlregler
- Thermostate und Hygrostate
- Schaltschrankbeleuchtung LED und klassisch
- Schaltschrankzubehör
- Online-Shop

### Kontakt

Rübsamen & Herr  
Elektrobau GmbH  
Am Scheid 4  
57290 Neunkirchen/  
Siegerland, Germany  
T +49/2735/7727-4  
F +49/2735/7727-67  
info@ruebsamen-und-herr.de  
www.ruebsamen-und-herr.de



„Wir haben nur ein Ziel: Die Wettbewerbsfähigkeit unserer Kunden zu erhöhen. Darauf richten wir unser Portfolio und unsere Services aus.“

Thomas Rudel, CEO

#### Bezeichnung

Broadliner

#### Gründungsjahr

1973

#### Mitarbeiter

über 1.600

#### Standorte/Lager

über 70 Niederlassungen in Europa, Asien und Nordamerika

#### Headquarter

Ispringen

#### Europäisches Zentrallager

Eisingen

#### Zielmärkte

Automotive, Industrieelektronik, Telekommunikation, Konsumgüterindustrie, Lighting, Medical, Energy und Home Appliance

#### Qualitätsmanagement

Zertifiziert nach ISO 9001:2000, ISO 14001:2005 und OHSAS 18001; RoHSkonforme Produkte

#### Kontakt

Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH  
Industriestraße 2  
75228 Ispringen, Germany  
T +49/7231/801-0  
F +49/7231/82282  
rutronik@rutronik.com  
www.rutronik.com



#### Firmenbeschreibung

Als einer der größten Distributoren weltweit bieten wir rund um den Globus technischen, logistischen und kommerziellen Support und ein komplettes Portfolio über die gesamte Bandbreite elektronischer Bauelemente. Für durchgängigen Support sorgt unsere Organisation aus zentralen Ansprechpartnern für alle strategischen, globalen Belange und kompetenter Unterstützung vor Ort. Mit spezifischen Angeboten aus Hardware, dazu passender Entwicklungssoftware und Services beantworten wir gezielt die aktuellen Anforderungen:

RUTRONIK EMBEDDED bündelt Wireless-Komponenten, Boards, Storage, Displays und Peripherie für industrielle Anwendungen im Internet of Things. RUTRONIK SMART vereint Sensoren, Wireless-Komponenten, Mikrocontroller, Powermanagement- und Sicherheitslösungen für kleine, oft portable Geräte innerhalb des IoT.

RUTRONIK POWER umfasst skalierbar Power-Management-Lösungen zum schnellen Schalten von resistiven, kapazitiven oder induktiven Lasten und zur Konvertierung von AC- und DC-Spannungen und Strömen für den passenden Anwendungsbereich.

Automotive-Kunden finden unter RUTRONIK AUTOMOTIVE entsprechende Komponenten selektierter Hersteller sowie technischen und kommerziellen Support auf globaler Ebene.

Die e-Commerce-Plattform Rutronik24 ermöglicht den schnellen Einkauf rund um die Uhr mit kunden individuellen, aktuellen Preisen und Echtzeit-Über-

sicht über die Verfügbarkeit, Liefertermine und Tracking. Komfortable Bestell- und Suchfunktionen, Track&Trace, intelligente Online-Berater, Datenblätter, PCN, PTN und Verknüpfungen zu Herstellern sorgen für kompakt abrufbare Informationen.

Als inhabergeführter Distributor in privater Hand agiert Rutronik unabhängig. Unsere Geschäftsphilosophie ist nicht quartalsgetrieben, im Fokus stehen langfristige Geschäftsbeziehungen, bei denen alle Partner profitieren.

Unser Angebot ruht auf vier Pfeilern:

Consult: Rutroniks Applikationsingenieure und Produktspezialisten bieten weltweite, individuelle Beratung im Bereich Applikationen und Verkauf, Design-In-Support vor Ort und direkten Kontakt zu Franchise-Lieferanten.

Components: Rutronik bietet Artikel aus den Bereichen Halbleiter, passive und elektromechanische Bauelemente, Wireless Technologies sowie Storage, Displays & Boards.

Logistics: Rutronik garantiert einen weltweit gleichen Servicestandard. Mit den drei Logistiksystemen "Lieferplan", "Kanban" und "Konsignation", die unter definierten Voraussetzungen individuell erweitert werden können, gehen sie über den branchenüblichen Standard hinaus.

Quality: Rutronik sichert durch zertifizierte Qualitätsmanagement-, Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitssysteme und konstante Überwachung der Prozesse eine durchgängig hohe Qualität seiner Produkte und Prozesse.



Technische Experten leisten umfangreichen Support



Individuelle und effiziente Logistikkonzepte



### Firmenbeschreibung

SEMIKRON ist ein führender Hersteller für Leistungshalbleiter mit Hauptsitz in Nürnberg. Ein weltweites Netzwerk aus 25 Gesellschaften garantiert eine schnelle und umfassende Betreuung der Kunden vor Ort.

SEMIKRON stellt Leistungselektronik-Komponenten und -Systeme vorwiegend im mittleren Leistungssegment her (ca. 2 kW bis 10 MW). Unsere Produkte sind das Herz moderner, effizienter Motorantriebe und industrieller Automatisierungssysteme. Weitere Anwendungen umfassen Stromversorgungen, erneuerbare Energien sowie die Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen.

### 1500 V<sub>DC</sub> in Solaranlagen – SEMIKRON bietet alles, was Kunden brauchen

Eine Erhöhung der PV-Spannung in Solaranlagen auf bis zu 1500 VDC ermöglicht eine signifikante Senkung der Systemkosten wie auch die Optimierung des jährlichen Energieertrags. Um diese anspruchsvollen Anforderungen zu erfüllen bietet SEMIKRON ein umfassendes Produktportfolio für Ihren 1500 V-Wechselrichter: von Leistungsmodu-

len in 2-Level- und 3-Level-Topologien über leistungsstarke SKiiP 4-IPMs bis hin zu gebrauchsfertigen Power-Stacks – SEMIKRON ist der Partner in allen Integrationsstufen.

### Maximale Leistungsdichte für kompakte Stringwechselrichter-Designs

MiniSKiiP erobert den Solarmarkt: Der neue MiniSKiiP Dual Split MLI bietet die hohe Zuverlässigkeit der MiniSKiiP-Technologie jetzt auch für Solaranwendungen. Der MiniSKiiP Dual Split MLI kombiniert einen Nominalstrom von 400 A bei 1200 V Chips mit den bekannten Vorteilen der MiniSKiiP SPRiNG Technologie und deren einfachen Montageprozess. Diese neuen Module erlauben ein bodenplattenloses Design mit direkter Leiterplattenmontage für Stringwechselrichter bis zu 180 kW in 1500 VDC-Photovoltaiksystemen und setzen damit einen neuen Maßstab in dieser Klasse. Die Anordnung der SPRiNG Kontakte im MiniSKiiP Dual erlaubt eine niederinduktive Zwischenkreisanbindung, einfache Treiberintegration und parallele AC Anschlüsse.



MiniSKiiP Dual Split MLI



Hauptsitz in Nürnberg



*„MiniSKiiP bedeutet hocheffiziente Fertigung, neueste Technologien und 20 Jahre Felderfahrung“*

Peter Sontheimer, CSO

- Hauptsitz in Nürnberg
- Familienunternehmen in Privatbesitz
- Gegründet 1951
- Weltweit 25 operative Gesellschaften
- 9 Produktionsstätten
- 3.200 Beschäftigte, davon 1.700 in Deutschland

### Kontakt

SEMIKRON INTERNATIONAL GmbH  
 Sigmundstraße 200  
 90431 Nürnberg, Germany  
 T +49/911/6559-6663  
 sales@semikron.com  
 www.semikron.com  
 shop@semikron.com



*„Daten sind der Treibstoff der Zukunft. Wir schützen diese Daten lang, absolut sicher und zuverlässig.“*

Hubertus Grobbel, Head of BU Security, Swissbit AG

- Gegründet 1992 als Teil der SIEMENS AG, als Swissbit AG im Jahr 2001 durch Management-Buy-out
- In Privatbesitz befindliche Gesellschaft, Eigenkapitalquote über 60 %
- seit 2009 jährliches zweistelliges Wachstum
- Hauptsitz:
  - Swissbit Gruppe: Gais, Schweiz
  - Swissbit AG: Bronschhofen, St. Gallen, Schweiz
- Tochtergesellschaften in Schweiz, Deutschland, USA, Japan, Taiwan
- F-&E-Standorte Schweiz, Deutschland und USA
- Made in Germany: Produktionsstandort Berlin
- Zertifizierungen
  - ISO9001:2015
  - IATF 16949
  - ISO14001:2015
- Herstellungsmethode Mass Customization
- Kapazität 1 Million Einheiten/ Monat
- Mitarbeiter: über 200

#### Kontakt

Swissbit AG  
 Silke Lüers  
 Industriestraße 4  
 9552 Bronschhofen,  
 Switzerland  
 T +41/71/91303-39  
 silke.lueers@swissbit.com  
 www.swissbit.com

#### Firmenbeschreibung

Swissbit ist der größte unabhängige Hersteller für Flash-Speicherlösungen in Europa. Das Unternehmen wurde 2001 aus einem Management-Buy-out der Siemens AG gegründet und verfügt über Niederlassungen in der Schweiz, Deutschland, den USA, Japan und Taiwan.

Swissbit produziert im Werk Berlin industrietaugliche Flash-Speicherprodukte und Speicherkarten mit Sicherheitsfunktionen für Embedded-Systeme. Das Flash-Angebot umfasst SSDs mit SATA-Schnittstellen wie mSATA, Slim SATA, CFast™, M.2 und 2,5", CompactFlash, USB-Flash-Drives, SD- und microSD-Speicherkarten.

Swissbit bietet Produkte mit Langzeitverfügbarkeit, höchster Zuverlässigkeit und Lebensdauer sowie kundenspezifischer Optimierung für anspruchsvolle Anwendungen in den Bereichen Industrie, Automotive, Medizintechnik und Telekommunikation. Mit sicheren Speicherlösungen, z. B. durch Smart Card Integration sowie Datenschutz durch Speicherverschlüsselung, adressiert Swissbit die steigenden Sicherheitsanforderungen

# swissbit®

in den Marktsegmenten Industrie, Behörden, Verteidigung, Medizintechnik, Telekommunikation, IOT, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und Finanzwesen. Alle Swissbit-Produkte erfüllen höchste Qualitätsstandards sowie die RoHS- und REACH-Richtlinien und sind unempfindlich gegenüber Schock und Vibrationen. Sie werden vor Auslieferung in der Berliner Produktion einzeln über den gesamten Temperaturbereich getestet. Sie verfügen über alle notwendigen Industrie-Schnittstellen.

In der Swissbit-Produktionsstätte in Berlin, Deutschland, werden sowohl Standard- als auch kundenspezifische Speicherlösungen hergestellt. Swissbit bietet technische Unterstützung bei Produktdesign und -redesign, beim Hardwaredesign sowie bei Qualifizierung und Integration. Firmware und Software Support, Systemfehleranalysen sowie individuelles Labeling, Audits, Legacy Support und ein dezidierter PCN-Prozess runden das breite Angebot ab.

Das Unternehmen ist nach ISO9001:2015, IATF 16949 und ISO14001:2015 zertifiziert.



Nachrüstbare Sicherheit in SD-Kartenform



Swissbit in Bronschhofen (Schweiz)



### Firmenbeschreibung:

Syslogic bietet robuste Industriecomputer, Embedded Box PC, Single Board Computer und HMI-Systeme für den anspruchsvollen Industrieinsatz. Die Geräte werden in der Bahn- und Verkehrstechnik, in Bau- und Spezialfahrzeugen, in Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) sowie in Windenergie- und Photovoltaikanlagen eingesetzt.

Als eines von wenigen europäischen Unternehmen in der Embedded-Branche entwickelt und fertigt Syslogic ihre Industriecomputer und HMI-Systeme selbst. Das Unternehmen mit Niederlassungen in Deutschland und in der Schweiz verfügt über eine eigene Entwicklung, eine eigene Konstruktion und über zwei Fertigungsstandorte mit Inhouse-SMD-Bestückung. Diese Fertigungstiefe in Verbindung mit über 30 Jahren Erfahrung im Embedded-Markt machen Syslogic zu einer zuverlässigen Partnerin. Ziel von Syslogic ist es, ihren Kunden Sicherheit, Spaß und Beständigkeit zu bieten.

### Sicherheit

Syslogic Embedded Computer und HMI-Systeme bieten Funktionssicherheit. Dank dem Verzicht auf anfällige Bauteile und dank der cleveren Industriebauweise sind die Geräte wartungsfrei und langlebig. Dadurch überzeugen die Syslogic Produkte

nicht nur mit ihrer Funktions-, sondern auch mit ihrer Investitionssicherheit.

### Spaß

Syslogic Kunden haben Spaß, weil neben der Sicherheit auch der Komfort stimmt. Darum bietet Syslogic bereits während der Implementierungsphase größtmöglichen Komfort. Sämtliche Embedded Computer und HMI-Systeme liefert Syslogic mit vorkonfigurierten Betriebssystemen. Dadurch profitieren Kunden von einer unkomplizierten Softwareintegration und einer schnellen Inbetriebnahme. Neben den technischen Aspekten achtet Syslogic zudem auf ein formschönes Design ihrer Geräte.

### Beständigkeit

Syslogic garantiert für ihre Embedded Computer und HMI-Systeme eine Verfügbarkeit von mindestens zehn Jahren. Bei Bedarf bietet das Unternehmen sogar zwanzig Jahre "form, fit and function". Dieses Versprechen ist in der Elektronikbranche eine Seltenheit und für viele Kunden ein wichtiger Grund, in echte Industrielektronik zu investieren. Möglich wird die lange Verfügbarkeit durch die konsequente Auswahl der Bauteile bereits während der Entwicklungsphase.



IP67 Rugged Embedded PC: Für den Extremeinsatz



EN50155 Railway Computer: Für Bahnapplikationen



*„Robustheit und Langzeitverfügbarkeit sind bei unseren Embedded-Systemen keine Phrasen.“*

*Christian Binder, Geschäftsführer Syslogic*

### Niederlassungen

- Deutschland und Schweiz

### Eigene Produkte

- Industriecomputer
- Embedded Box PCs
- Single Board Computer (SBC)
- IP67 Rugged-PCs
- Touch-Panel, HMI-Systeme
- EN50155 Railway Computer

### Distributionsprodukte

- Cactus Technologies
- SSD-Speicher
- Peak-System Feldbus-Komponenten

### Märkte

- On- und Off-Train
- Busse (eMark), In-Vehicle
- Straßenbahnen/Niederflurfahrzeuge
- Verkehrstechnik
- Fahrerlose Transportsysteme (FTS)
- Gegengewichtstapler
- Flurförderfahrzeuge
- Minenfahrzeuge, Bagger
- Windenergieanlagen (WEA)
- Photovoltaikanlagen (PVA)
- Gebäude-Management, Leittechnik

### Spezialgebiete

- Kundenspezifische Produkte ab kleinen Losgrößen
- Embedded Computer für Fahrzeuge
- Retrofit IPC

### Kontakt

Syslogic GmbH  
Weilheimer Straße 40  
79761 Waldshut-Tiengen,  
Germany  
T+49/7741/9671-420  
www.syslogic.de



„Industrielle Displays,  
kundenspezifisch oder  
Standard. Der Weg zur  
Wettbewerbsfähigkeit  
und Erfolg.“

Thomas Sporkmann, General  
Manager Industrial Business  
Unit bei Tianma Europe

#### Mitarbeiter

Europa: Mehr als 50  
Weltweit: Mehr als 25000

#### Firmensitz

Düsseldorf, Deutschland  
Shenzhen, China

#### Zielmärkte

- Automatisierungstechnik, HMI
- Automobilelektronik
- Medizintechnik
- Marine, Avionik
- IT- und Telekommunikationsindustrie

#### Produkte/Linecard

- Touchdisplays (PCAP)
- Standard TFTs von 1,44" (128 x 128) bis 30" (3280 x 2048)
- High brightness (bis 1800 cd/m<sup>2</sup>) und long lifetime TFTs (100 000 Stunden)
- Kundenspezifische Designs
- Passive LCDs

#### Dienstleistungen

- Design-In Beratung
- Musterlager
- Supply Chain Management
- Großes Distributionsnetzwerk

#### Kontakt

Tianma Europe GmbH  
Peter-Müller-Straße 22  
40468 Düsseldorf, Germany  
T +49/211/68818-100  
F +49/211/68818-189  
info@tianma.eu  
www.tianma.eu

#### Firmenbeschreibung

Tianma Europe, die europäische Niederlassung der Tianma Microelectronics, Shenzhen, dem ersten Hersteller von LCDs (Liquid Crystal Displays) in China, gegründet 1983, bietet ein breites Spektrum an Displays für professionelle Anwendungen. Die Größenskala der Diagonalen reicht von 1,44 Zoll bis 30 Zoll. Die Kunden kommen überwiegend aus der Industrie-, Automobil- und Medizinelektronik. TIANMA hat bereits seit 2004 eine Niederlassung in Deutschland, in den Anfangsjahren in Karlsruhe. Nach der Zusammenlegung mit der für Displays von NLT Technologies zuständigen Vertriebs- und Marketingabteilung der japanischen Renesas in Düsseldorf im April 2015 wurde auch der Geschäftssitz nach Düsseldorf verlegt.

Ab 2006 begann ein steiles Wachstum, angetrieben vom Einstieg in den Markt für TFT LCDs (Thin Film Transistor LCDs) auf der Basis von amorphem Silizium. Innerhalb von nur fünf Jahren wurden fünf Fabriken errichtet beziehungsweise gekauft. Den vorläufigen Abschluss dieser Phase bildete dabei 2011 der Erwerb der japanischen NLT Technologies, die auf Displays für professionelle Anwendungen spezialisiert ist.

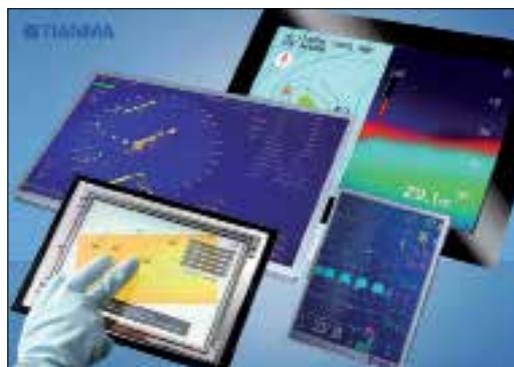
Um auch am Wachstum des Marktes für Konsumentenapplikationen teilhaben zu können, wurden in den Jahren 2011 bis 2014 drei weitere TFT Fabri-

ken errichtet, die TFTs basierend auf der LTPS Technologie (Low Temperature Poly Silicon) herstellen können. Und 2015 kam der nächste technologische Sprung und die erste Fabrik für AMOLEDs (Active Matrix Organic Light Emitting Diode) wurde in Shanghai in Betrieb genommen.

#### Das Programm

Im europäischen Markt konzentriert sich TIANMA auf den Industrie-, Medizin- und Automobilbereich. Dafür bietet TIANMA sowohl Standardprodukte als auch kundenspezifische Produkte an. Produkte:

- TFTs von 1,44" (128 x 128) bis zu 30" (3280 x 2048)
- Vom klassischen 4:3-Format hin zu kundenspezifischen Formaten
- Runde Displays
- TFTs mit sehr hoher Leuchtdichte (bis 1800 cd/m<sup>2</sup>) für Anwendungen im Außenbereich
- TFTs mit LED Backlight-Lebensdauern von bis zu 100k Stunden
- Touch-Displays, auch für Bedienung mit Handschuhen bis 6 mm Dicke oder bei nasser Oberfläche
- Voll- und Semi-Kundenspezifische Entwicklungen



Standard Displays von 1.44" bis 30" – mit und ohne Touch



Kundenspezifische Displays für – fast - jede Anwendung



### Firmenbeschreibung

TQ ist eines der führenden Technologie-Unternehmen in Deutschland. Als Systemdienstleister im Bereich E<sup>2</sup>MS (Electronic Engineering and Manufacturing Services) entwickelt und produziert TQ komplexe Baugruppen und Systeme. TQ bietet das komplette Leistungsspektrum von der Idee, über Entwicklung, Produktion und mit Service und Produktlebenszyklusmanagement bis über die Serie hinaus. Die Dienstleistungen umfassen dabei Baugruppen, Geräte und Systeme inklusive Hardware, Software und Mechanik. Kunden können bei TQ sämtliche Leistungen modular als Einzelleistungen wie auch im Komplettpaket entsprechend ihrer individuellen Anforderungen beziehen.

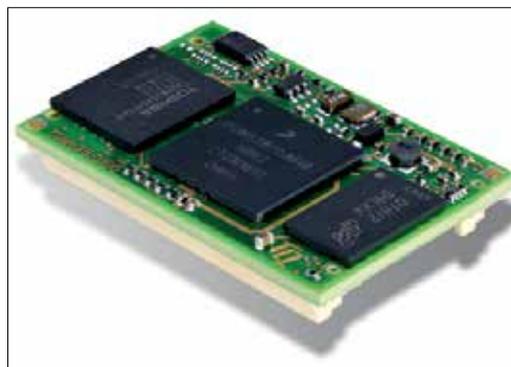


Gut Delling, Seefeld i. Oberbayern

Ergänzend bietet TQ fertige Lösungsbausteine, wie Embedded-Systeme, Antriebe für E-Bikes und die Robotik, Luftfahrtanwendungen, Medizintechnik sowie Energiemanagement.

Die TQ-Group beschäftigt an den Standorten Delling, Seefeld, Weßling, Inning, Murnau, Peißenberg, Peiting, Durach im Allgäu, Wetter an der Ruhr, Chemnitz, Leipzig, Fontaines (Schweiz), Shanghai (China) und Chesapeake (USA) insgesamt rund 1.600 Mitarbeiter.

Weitere Informationen zu TQ unter:  
[www.tq-group.com](http://www.tq-group.com)



Embedded-Modul TQMa28



*„Unsere Stärke ist es, unsere Kunden umfassend von der Idee bis über die Serie hinaus zu bedienen.“*

*Stefan Schneider, Detlef Schneider und Rüdiger Stahl (v.l.n.r.), TQ-Geschäftsführer*

**Sitz**  
Delling (Seefeld)

**Gründung**  
1994

**Geschäftsführende Gesellschafter**  
Detlef Schneider, Rüdiger Stahl, Stefan Schneider

**Kennzahlen 2017/ 2018**  
– Umsatz: 268 Mio. Euro  
– Mitarbeiter: ca. 1.600

**Zertifikate**  
– DIN EN ISO 9001:2008  
– DIN EN ISO 14001:2015  
– EN 9100:2009  
– EN ISO 13485:2012  
– EN 9110  
– MDD  
– A-DOA  
– POA

**Branchen**  
– Industrie  
– Robotik  
– Energietechnik  
– Gebäudetechnik und -automatisierung  
– Agrartechnik  
– Umwelttechnik  
– Luft- und Raumfahrt  
– Schifffahrt  
– Medizintechnik  
– E-Mobility

**Kontakt**  
TQ-Group  
Mühlstraße 2  
82229 Seefeld, Germany  
T +49/8153/9308-0  
F +49/8153/4223  
[info@tq-group.com](mailto:info@tq-group.com)  
[www.tq-group.com](http://www.tq-group.com)



„TRACO POWER  
Reliable. Available.  
Now.“

Sebastian Fischer, Geschäftsführer, Traco Electronic GmbH

# TRACO POWER

## Dienstleistungen

Lösungen im Bereich von Standardkomponenten, sowie kundenspezifische Sonderlösungen. Vertrieb mit kurzen Lieferfristen für Kleinmengen und Produktionsstückzahlen dank hoher Lagerverfügbarkeit und kurzer Wiederbeschaffungszeit.

## Präsenz

Unternehmensstammsitz für den deutschen Markt in Ismaning, Vertriebsbüros in Stuttgart, Köln, Hamburg und Leipzig sowie Katalogdistributoren.

## Referenzen

Siemens, Bosch, SMA und viele weitere namhafte Unternehmen

## Gründungsjahr

1947

## Mitarbeiter

120

## Produktportfolio

Galvanisch getrennte DC/DC-Wandler von 1 W bis 300 W in den Bauformen SIP, DIP, 1/2 Brick, SMD, Gehäusemontage. Nicht isolierte Schaltregler bis 30 A. Schaltnetzteile in den Bauformen offen, geschlossen, vergossen, Hutschiene sowie wetterfest für den Außenbereich von 2 W bis 2 kW für weltweite Netzspannungen sowie Gleichspannung. Systemlösungen und Wechselrichter für den 19 Zoll Einschub von 300 W bis 22 kW.

## Firmenausrichtung

Der Stammsitz der Traco Electronic AG befindet sich in Baar/Schweiz. Die Traco Electronic GmbH, als Tochtergesellschaft der Traco Electronic AG,

ist für den Vertrieb und die technische Beratung in Deutschland zuständig. Traco Power North America, Inc. ist für den nordamerikanischen Markt zuständig. Für die Entwicklung und Fertigung kundenspezifischer Netzgeräte ist die in Irland ansässige Traco Power Solutions Ltd. zuständig.

## Zielfmärkte

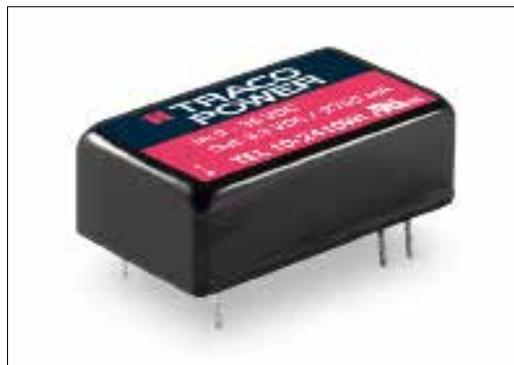
Maschinen-, Anlagen- und Apparatebau, Anwendungen im Bereich Industrie und Telekommunikation sowie Medizin, Bahn, Transport, Messen / Steuern / Regeln, Labor, Netztechnik, Haushalt, Klima und Gebäudeautomation.

## Fertigungsstandorte

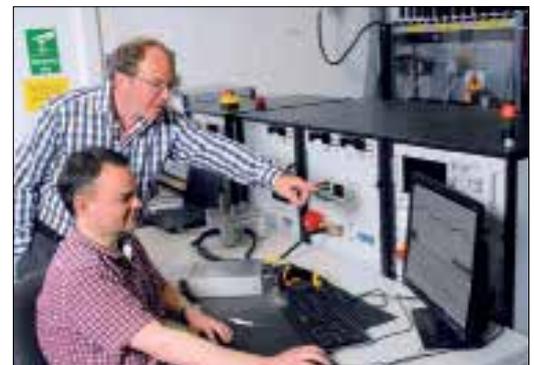
Deutschland, Irland, Japan, Taiwan und China.

## Qualitätsmanagement

ISO 9001 zertifiziert, 100% burn-in Test, 3-5 Jahre Produktgewährleistung.



Kleinste Grundfläche eines 10 Watt DC/DC-Konverter im DIL-16 Metallgehäuse von TRACO POWER.



Test eines kundenspezifischen Netzgerätes im Labor.

## Kontakt

Traco Electronic GmbH  
Sebastian Fischer  
Oskar-Messter-Straße 20a  
85737 Ismaning, Germany  
T +49/89/961182-0  
F +49/89/961182-20  
info@traco-electronic.de  
www.tracopower.com

# 30 Jahre TURCK duotec.

## 30 Jahre Entwicklung und Produktion von individueller Elektronik

Seit nunmehr 30 Jahren agiert die Turck duotec GmbH als Experte für kundenspezifische Elektronikentwicklung und -fertigung. An weltweit fünf Standorten werden innovative Ideen und individuelle Lösungen rund um die Elektronik realisiert.

### Die Gründung

1988 wurde aus der Turck Gruppe heraus die Turck duotec GmbH in Halver gegründet. Ziel war es, neben dem führenden Bereich der Automatisierungstechnik weitere Marktbereiche ansprechen zu können und das Fertigungs-Know-how anderen Firmen zur Verfügung zu stellen. Durch diesen Schritt entwickelte sich das Unternehmen auch in den Fertigungstechnologien erheblich weiter. Heute setzt Turck duotec seine Schwerpunkte in den Bereichen Gebäudetechnik, Medizintechnik und Mobilität.

### Erweiterung über die Grenzen Deutschlands hinaus

Um sowohl Entwicklungsressourcen aufzubauen als auch Kundenwünschen gerecht zu werden, entstand in 2005 zunächst ein zweiter Standort in

Grünhain-Beierfeld und kurze Zeit später ein Vertriebsbüro in Süddeutschland. Neben einer Produktionsstätte in Delémont (Schweiz) fertigt Turck duotec kundenspezifische Elektronik mittlerweile auch in Mexiko.

### Nachhaltigkeit, Kontinuität und Zukunftsorientierung spielen eine große Rolle

Seit Gründung der Turck duotec GmbH spielt Kontinuität eine wichtige Rolle in der Unternehmenshistorie. In sämtlichen Geschäftsbereichen hat das Unternehmen immer an einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit festgehalten und so für Sicherheit bei Kunden und Mitarbeitern gesorgt.

Ein weiterer Baustein ist das Thema Nachhaltigkeit: Hier setzt Turck duotec seit jeher auf ressourcenschonende Fertigung und arbeitet bereits heute an den Themen der Zukunft. Darüber hinaus wurde das Geschäft im Bereich ODM (Original Design Manufacturer) in den letzten Jahren vorangetrieben. Hierbei werden Plattformprodukte entwickelt, die in den drei Schwerpunkt-Bereichen des Unternehmens zum Einsatz kommen und den Kunden als optimale Basis für eine schnelle Produktentwicklung dienen.



Produktionswerk Mexiko



Fertigungsstrasse Mexiko



*„Nicht nur an aktuelle Umsätze denken, sondern an die Zukunft.“*

Arthur Rönisch,  
Geschäftsführer

**Gründungsjahr:**  
1988

#### Applikationen:

- Antriebe
- Beleuchtung
- Sensorik
- Sicherheit

#### Branchen:

- Gebäudeautomation
- Industrie
- Medizintechnik
- Mobilität

#### Dienstleistungen:

- Elektronikentwicklung
- Elektronikfertigung
- Plattformlösungen

#### Zertifikate:

- IATF 16949
- ISO 9001-2008/2015
- EN ISO 13485
- ISO 50001-2011

#### Kontakt

Turck duotec GmbH  
Goethestraße 7  
58553 Halver, Germany  
T +49/2353/1390-0  
F +49/2353/1390-6519  
sales@turck-duotec.com  
www.turck-duotec.com



**BEST CAPACITORS**  
MADE IN GERMANY

*„Qualität wird gefertigt  
und kann nicht in ein  
Produkt hineingeprüft  
werden.“*

WIMA GmbH & Co. KG

**Gründungsjahr** 1948

**Mitarbeiter** ca. 350

**Standorte**

Aurich, Berlin, Unna, Mannheim

**Produktgruppen**

- SMD Folienkondensatoren mit PET-, PEN- oder PPS-Dielektrikum
- Bedrahtete Folienkondensatoren in den Rastermaßen 2,5 mm bis 52,5 mm
- Ausheilfähige Impulskondensatoren
- Funk-Entstörkondensatoren Klasse X2, X1, Y2
- Polypropylen-AC-Filterkondensatoren
- Snubber- und GTO-Kondensatoren
- DC-Link-Zwischenkreiskondensatoren
- Supercap-Speichermodule

**Zielmärkte**

- Automobilindustrie
- Konsum- und Industrieelektronik
- Beleuchtungsindustrie, Stromversorgung
- Medizintechnik
- Kommunikationselektronik
- Erneuerbare Energie

**Dienstleistungen**

Weltweites Vertriebsnetz für lokalen technischen Support

**Kontakt**

WIMA GmbH & Co. KG  
Besselstraße 2-4  
68219 Mannheim, Germany  
T +49/621/86295-0  
F +49/621/86295-48  
sales@wima.de  
www.wima.de

**Firmenbeschreibung**

WIMA hat eine lange Tradition als Hersteller des passiven elektronischen Bauelementes "Folienkondensator". Das Unternehmen wurde 1948 von Wilhelm Westermann in Unna/Westfalen gegründet. Innerhalb weniger Jahre gelang es ihm, sein Unternehmen als führenden Hersteller von Folienkondensatoren zu etablieren. WIMA ist nach wie vor ein unabhängiges, inhabergeführtes Familienunternehmen und wird heute von Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Wolfgang Westermann geleitet. WIMA hat ausschließlich seinen Sitz in Deutschland und verfügt über vier Standorte: der Vertrieb ist in Mannheim ansässig, die Fertigungsstätten und die Entwicklung befinden sich in Aurich, Unna und Berlin. Kontinuierlicher technischer Fortschritt und eine qualifizierte Wachstumsstrategie haben WIMA zu der weltweit führenden Adresse im Bereich hochqualitativer Kondensatoren gemacht.

Die Unternehmensgruppe WIMA ist spezialisiert auf die Geschäftsfelder:

- Kunststoff-Folienkondensatoren
- Funk-Entstör-Papierkondensatoren
- PowerBlocks aus Supercaps

Die Stärken von WIMA liegen in der Entwicklung und Herstellung von spezialisierten Produkten, für

die Erfahrung und exzellentes Know-how erforderlich sind. Dadurch können für alle Kundenanforderungen Lösungen angeboten werden. Mit einem starken Fokus auf Innovationen setzt WIMA immer wieder wegweisende Trends in der Kondensator-Technologie.

Oberstes Ziel der WIMA-Gruppe ist höchste Qualität und Kundenzufriedenheit. Diese Ziele werden erreicht durch unseren eigenen Anspruch in Bezug auf:

- Qualität
- Innovation
- Lieferzuverlässigkeit
- Preis-/Leistungsverhältnis

Als eigenständiger Kondensator-Spezialist mit Verwaltung und Produktion in Deutschland kann die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber großen multinationalen Konzernen nur durch eine Kombination von schlanker und flexibler Organisation sowie herausragenden Leistungen im Hinblick auf technische Innovation, Produktivität und Kundenservice gesichert werden. WIMA ist ein Beispiel für eine solche Kombination, indem es mehr als 10.000 Produkte für alle Kundenanforderungen im Bereich der Film- und Papierkondensatoren anbietet.



WIMA-Werk Aurich



WIMA-Kondensatoren



### Firmenbeschreibung

Die wts // electronic components GmbH ist ein Inhaber geführtes Familienunternehmen mit Sitz in der Wedemark. Wir stehen für Design-In orientierten Vertrieb von passiven und elektromechanischen Bauelementen.

Durch unser ausgewähltes Portfolio bieten wir die Weltmarktführer in unserem Bereich und ergänzen diese durch leistungsfähige Spezialhersteller.

- DC/DC Wandler
- EMI-Filter
- Induktivitäten
- Kondensatoren (Keramik, Film, Folie, Elektrolyt, Polymer, Hybrid)
- Kühlmanagement (Flüssigkeitskühlung, Luftkühlung, Sonderanwendungen)
- Schalter & Taster
- Schaltnetzteile (elektronische Transformatoren)
- SMD-Sicherungen
- Steckverbinder
- Wickelgüter (Transformatoren, Übertrager)



Firmengebäude wts // electronic components GmbH

- Widerstände (Dünnschicht, Präzision, Ultra-Präzision, Power)
- Persönliche Betreuung, kompetente Beratung und die Bereitschaft, individuell auf spezielle Anforderungen des Kunden zu reagieren, kennzeichnet nicht nur unsere Arbeit sondern auch unser logistisches Angebot.

Die wts // electronic components GmbH bietet individuellen, kundenspezifischen Service:

- Ship to Stock / Ship to Line
- KANBAN
- Konsignationslager
- Kundenspezifische Etiketten
- Barcode-Systeme
- EDI Anbindung
- Sicherheitslager / Pufferlager
- VMI Vendor Management Inventory

Weitere aktuelle Informationen zu Produkten, Herstellern und Dienstleistungen sowie unsere aktuelle Lagerliste stehen Ihnen im Internet unter [www.wts-electronic.de](http://www.wts-electronic.de) zur Verfügung.



SMD-Sicherungen von AEM Components



*„Wir liefern nicht nur Produkte, wir bieten Lösungen!“*

Simone Tschierswitz,  
Dipl.-Ing. (FH), Geschäftsführerin

25 Jahre wts // electronic - Ihr starker Distributionspartner

### Herstellerportfolio

- AEM Components
- Conec
- Daewoo
- E-Switch
- ERA
- PDC
- Knowles (Syfer/Novacap)
- KOA Europe
- Krah
- Microtech
- NIC Components
- Priatherm
- SAB Biwin
- S.I.R.
- Switchy
- Tech Power Electronics
- Viking
- Vishay
- W+P
- WIMA

### Kontakt

wts // electronic components GmbH  
Langer Acker 28  
30900 Wedemark, Germany  
T +49/5130/5845-0  
F +49/5130/375055  
[info@wts-electronic.de](mailto:info@wts-electronic.de)  
[www.wts-electronic.de](http://www.wts-electronic.de)

# FOKUSTHEMA: PREDICTIVE MAINTENANCE

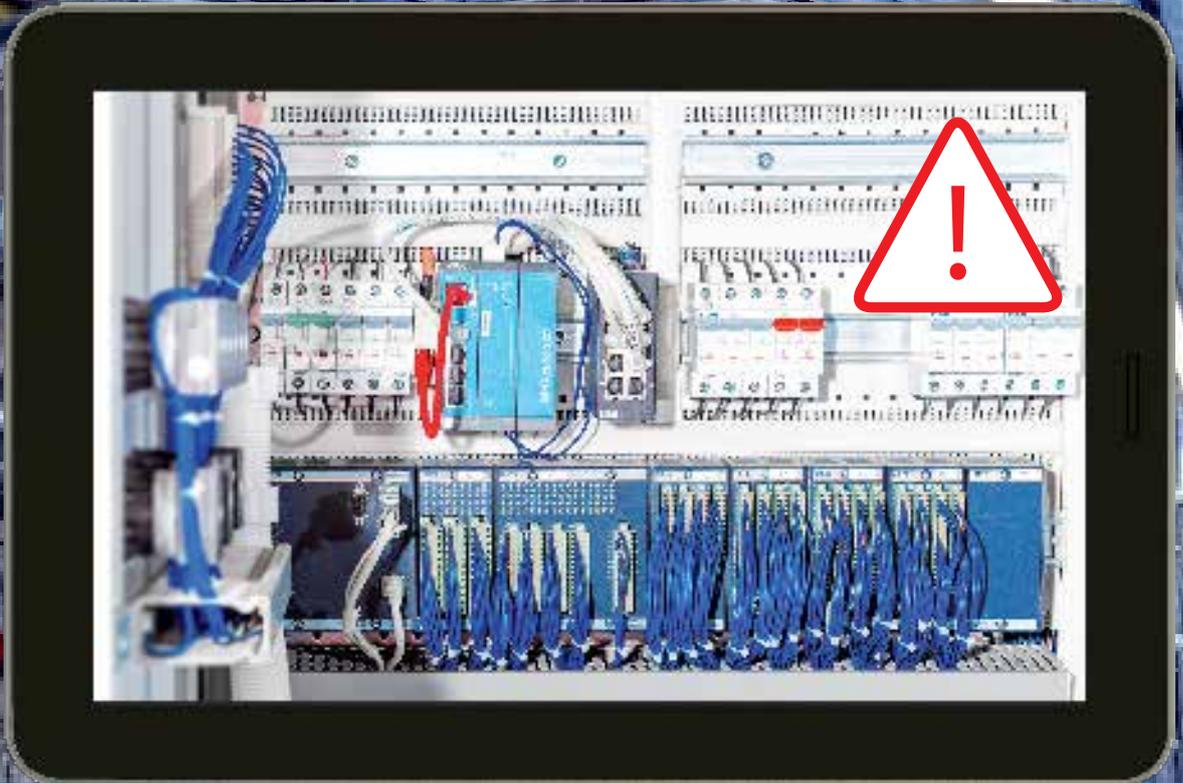


BILD-SPONSOR: INSYS ICOM

54 **Gastkommentar**  
Wolfgang Wanner, Insys Icom

55 **Prädiktive Instandhaltung und das IoT**  
Michael Kanellos, Osisoft

58 **Sicher abblitzen lassen**  
Katrin Geier, Insys Icom

# ERST DAS WAS, DANN DAS WIE KLÄREN

Predictive Maintenance sorgt für höhere Effizienz und kürzere Standzeit in der Produktion. Oft ist aber unklar, was genau sich Unternehmen von ihr erwarten. Bevor sie sich mit der technischen Umsetzung befassen, sollten sie deshalb zunächst klären, welche Kosten sie einsparen möchten und welche Geschäftsmodelle sie damit verfolgen.

Predictive Maintenance ist ein mächtiges Tool. Im Rahmen der Automatisierung kann es für eine deutlich effizientere Handhabung von Maschinen und Anlagen sorgen. Zwischen der Theorie und der praktischen Umsetzung klafft jedoch meist noch eine große Lücke. Denn eine vorausschauende Wartung kann nur mit der Erfassung und Interpretation von Daten im Zusammenspiel mit vernetzten Managementsystemen funktionieren. Wichtig ist dabei nicht nur die Ausstattung mit Sensoren, Edge-Computing-Funktionalität und einer zuverlässigen, steuerbaren und multi-mandantenfähigen Datenübertragung. Auch das Wissen um markante Stellen innerhalb der Maschine oder Anlage, die es wert sind, überwacht zu werden, und deren Werte Indikatoren für bevorstehende Probleme darstellen, ist entscheidend. Bevor es um die technische Umsetzung geht, sind somit die Recherche und insbesondere die Ideen, wie mit Predictive Maintenance einerseits Servicekosten reduziert, andererseits erfolgreiche Geschäftsmodelle aufgebaut werden können, zentrale Punkte. Erst wenn diese Kernelemente identifiziert und eine wirtschaftlich darstellbare Strategie gefunden wurde, stellt sich die Frage nach dem „Wie“.

Wir bei Insys Icom verfolgen den Ansatz, Schritt für Schritt vorzugehen, damit der Vorgang sowohl physikalisch, administrativ als auch hinsichtlich einer sinnvollen Nutzung der gewonnenen Daten überschaubar bleibt. Damit Kunden



**Wolfgang Wanner**

Senior Manager Sales &  
Business Development,  
Insys Icom  
wwanner@insys-tec.de

so vorgehen können, bedarf es einer hohen Flexibilität in der Hard- und Software. Unsere Router verfügen dafür beispielsweise über eine integrierte Linux-Container-Umgebung (LXC), die als Embedded-PC Aufgaben wie die Verarbeitung und Speicherung von erfassten Daten oder die Überwachung von Sensoren und Steuerungen übernehmen kann. Bei definierbaren Ereignissen können Aktionen wie Schaltbefehle automatisch ausgelöst werden oder Alarmmeldungen per E-Mail, SMS oder auch MQTT versendet werden. All das ist über unsere Software Icom Data Suite möglich, sofern Kunden nicht eigene Skripte und Programme bevorzugen.

Aufgrund der LXC-Technologie lassen sich die Router beinahe beliebig kombinieren. In der Hardware ergeben sich durch flexible Bauweisen ebenfalls viele Vorteile. Zum

Beispiel kann die modulare Router-Serie MRX verwendet werden. Bei ihr lassen sich nicht nur Module wie ein Switch oder serielle Schnittstellen ergänzen, sondern auch Technologiesprünge, etwa von 4G auf 5G, durchführen, ohne die komplette Hardware wechseln zu müssen. Auch ein Parallel- und Redundanzbetrieb ist damit möglich. Solche Eigenschaften sind für einen schnellen Einstieg in das industrielle IoT notwendig und bieten einen guten Grundstock für ein wirtschaftliches Predictive-Maintenance-Konzept. Dieses wiederum spart Kosten und sorgt für eine zukunftssichere Anwendung.

# PRÄDIKTIVE INSTANDHALTUNG UND DAS IOT

Vorausschauende oder zustandsorientierte Instandhaltung ist für Industriekunden sowie die Industrie-4.0-Initiative ein erstrebenswertes Ziel. Doch was sind die Vor- und Nachteile prädiktiver Wartung und Instandhaltung in Zeiten instabiler Preise und Budgets?

**TEXT:** Michael Kanellos, Osisoft **BILDER:** Osisoft

Die Reparatur eines unerwartet auftretenden technischen Problems mag ein paar Tausend Euro kosten, aber die verlorene Produktivität kann in die Millionen gehen. Ein Manager eines Pharmaunternehmens erzählte Anfang dieses Jahres, dass seine Firma wegen eines defekten Ventils ein gesamtes Produktionslos im Wert von rund 200.000 Euro verloren hatte. Wäre das schleichende Problem erkannt worden, hätte ein neues Ventil - für 1.000 Euro - eingesetzt werden können, bevor die Probleme auftraten.

Eine treibende Kraft hinter diesem Umdenken sind die Fortschritte in der Speicher-, Halbleiter-, Software- und Netzwerktechnologie. Heute kann man wirtschaftlich und technisch sinnvoll IT-Funktionalität in einer weit größeren Anzahl von Geräten und Umgebungen integrieren und damit aussagekräftige Ergebnisse erzielen. Studien haben gezeigt, dass LED's mit dynamischen Dimm- und Kontrollfunktionen den Leistungsbedarf von Lichtanlagen um über 80 Prozent senken kann.

## 30.000 Sensordaten - nur 1 Prozent geprüft

Auch datenbasierte Instandhaltungsprozesse können die Effizienz steigern. Fast überall auf der Welt ist der Wasserverlust durch Lecks ein großes Problem. Wasserwerke sind meist unterfinanziert, und viele Städte kämpfen mit einer Infrastruktur, die Jahrzehnte alt ist. Weltweit sind es schätzungsweise 32,6 Billionen Liter aufbereiteten Wassers, die jedes Jahr durch Lecks verloren gehen, bevor der Rest unseren Wasserhahn erreicht, was nahezu der 40-Billionen-Liter-Kapazität des chi-

nesischen Drei-Schluchten-Damms entspricht. Und letztlich sind Unternehmen dank einer allgegenwärtigen Vernetzung in der Lage, auf riesige Mengen an operationellen Daten zurückzugreifen, die sie sowieso schon besitzen, aber nicht in vollem Umfang nutzen. Nach Schätzungen von McKinsey werden weniger als 1 Prozent der Daten von grob 30.000 Sensoren an einer Ölplattform überhaupt gesichtet und für Entscheidungsfindungen herangezogen.

Noch ist prädiktive Instandhaltung vermutlich mehr Theorie auf Konferenzen. Zum Teil ist dies einer tief verwurzelten Vorsicht zuzuschreiben. Industrieunternehmen müssen von Natur aus etwas konservativ agieren. Kleine Rückgänge in Ausbeute oder Produktivität aufgrund von Softwareimplementierungen können Millionen kosten. Ein Abfall der Produktqualität kann, insbesondere für ein Lebensmittel- oder Pharmaunternehmen, noch viel größere Auswirkungen haben. Die Devise „Mach schnell und brich mit den Konventionen“ mag für Softwarefirmen funktionieren, aber in einer Fabrik oder auf einer Hochseepattform ist das ein gutes Rezept für Chaos.

Die Technologiebranche war bisher nicht sehr effektiv darin, ihre Killerapplikationen, also Anwendungen, die als Initialzündung für die Verbreitung dienen, ins richtige Licht zu setzen. Dabei spielt die Killerapplikation in der Technologie eine wesentliche Rolle. Personal-Computer kamen in den 1970ern auf den Markt und zielten anfangs nur auf Hobbybastler. Erst als Spreadsheet- und Textverarbeitungs-Applikationen erfunden wurden, traf der PC-Tsunami auch den Unternehmens-



Abbildung 1: Das PI-System von Osisoft verbessert bestehende Fernüberwachungssysteme, indem es der Leitwarte technologieübergreifend die Anlagendaten in Echtzeit zur Verfügung stellt und gleich weiterverarbeitet.

markt. Ähnlich hat der grafische Browser von Netscape das Internet von einem Insidergeheimnis in ein globales Phänomen verwandelt, das uns heute noch immer wieder überrascht. Heute treiben Text und Musik die Nutzung und Evolution von Smartphones an, Spiele sind ein wichtiger Faktor für die Weiterentwicklung von PCs und Social Media treibt die vermehrte Nutzung und Entwicklung des Internets voran. Wartungsabläufe können in bereits existierende Prozeduren eingebunden werden, ohne dass Unternehmen ihre grundlegenden Fertigungsprozesse neu überarbeiten müssten. Kosten und Nutzen können außerdem sehr detailliert nachverfolgt werden.

### Mit prädiktiver Instandhaltung zum Ziel

Man stelle sich prädiktive Instandhaltung als Versuchslauf für das IIoT vor: Man sollte sie nutzen, um die optimalen Vorgehensweisen zu lernen, bevor man eine breiter angelegte Strategie implementiert. Industrieapplikationen sind meist zu komplex, um das Ideal des Plug and Play umzusetzen. Aber wir kommen diesem Ziel näher. Petronas Carigali, der Upstream-Bereich des Öl- und Gaskonglomerats, erlebte wiederholt unerwartete Ausfälle von Anlagen auf einigen seiner Offshore-Plattformen. Eine einzige Abschaltung kann Tage dauern und Millionen von Dollar kosten. Bei Problemen, mussten Ingenieure mit dem Hubschrauber eingeflogen werden, um Informationen zu sammeln. Petronas geht davon aus, dass das Unternehmen mit der Technologie allein im ersten Jahr fünf Abschaltungen verhindern konnte. Ørsted, bis November 2017 Dong Energy, ein führendes dänisches Windenergieunternehmen, will seine Offshore-Windturbinenkapazität in europäischen Gewässern von etwa 3,5 GW bis 2020 auf 6,5 GW - das

sind geschätzt 1.500 Windräder - ausbauen. Die Instandhaltung von Offshore-Turbinen ist 15-mal teurer als die Instandhaltung solcher an Land. Darüber hinaus wollte Dong die Ausfallhäufigkeit halbieren.

### Neue Wartung spart 20 Millionen Euro im Jahr

2014 setzte das Windenergieunternehmen Dong Energy einen ambitionierten Plan um: von festen Wartungsintervallen stellte man auf eine zustandsorientierte Wartung um, die von Datensignalen aus dem PI System angestoßen wird. Die Wartung kann nicht nur besser mit Wind- und Wellenbedingungen koordiniert werden, nein, die Gesamtanzahl der Besuche des Wartungsteams kann auf diese Weise minimiert werden. Nicht geplante Wartungstermine von vier auf zwei pro Jahr zu senken, könnte 20 Millionen Euro jährlich sparen. Das Erdölunternehmen Syncrude betreibt zwei Teersandminen in Alberta, Kanada. Man implementierte eine ähnliche Strategie für seine 136 Trucks in Kanada. In Feldversuchen wurden bei 80 LKWs 44 verschiedene Signale überwacht. Parameter waren unter anderem die Kühlmitteltemperatur, die Überhitzung der Bremsen, die Viskosität des Motoröls und Fehler im Einspritzsystem. Dazu konnte Syncrude die Position der jeweiligen Ladung nachverfolgen und so sagen, ob gefrorener Teersand, richtig auf und abgeladen wurde. Die Daten wurden mit einer Frequenz von 1716 Ereignissen pro Sekunde generiert. Die Ingenieure machten auch Versuche wie die CPUs auf den Servern absichtlich zu überlasten oder die LKWs aus dem abgedeckten Bereich zu fahren, um die Belastbarkeit des Systems zu testen.

- Syncrude geht davon aus, dass das Unternehmen durch präventive Wartung 16,75 US-Dollar pro Stunde und LKW



Abbildung 2: Ein Mitarbeiter überwacht die Anlagenprozesse am Computer.

sparen kann. Allein bei der Wartung ergeben sich daraus 20 Millionen US-Dollar pro Jahr.

- ▶ Das Unternehmen nahm eine detaillierte Untersuchung an einem Motor vor. Diese zeigte, dass das System schon zwei Wochen vor dem Ausfall Meldungen wie: „Motoreinspritzung defekt“ ausgegeben hätte. Das System hätte auch zwei Tage vorher einen Alarm „Öl zu dünnflüssig“ signalisiert, einen kritischen Alarm, der eine sofortige Wartung zur Folge gehabt hätte. Allein ein neuer Motor kostet 900.000 US-Dollar. Rechnet man den Produktivitätsverlust und die Zeit für die Techniker, so kann der Austausch eines Motors zwischen 1,2 und 3,3 Millionen US-Dollar kosten.
- ▶ Die gewonnenen Daten zeigten, dass Mitarbeiter beim Abkippen der Ladung die vorgegebenen Regeln nicht einhielten. Dies kann dazu führen, dass sich der LKW hinten hebt und plötzlich zurückfällt, was ernsthafte Wirbelsäulenverletzungen zur Folge haben könnte. Da dies in Echtzeit erkannt wird, konnte Syncrude bei einem fehlerhaften Abladevorgang Warnmeldungen an die Mitarbeiter ausgeben. Die Zwischenfälle rund um das falsche Abladen sind um 85 Prozent gesunken.

Was vielleicht noch wichtiger ist, Gerätehersteller und Serviceunternehmen entwickeln „as-a-Service“-Angebote, mit denen ihre Kunden die Vorzüge einer prädiktiven Wartung nutzen können, ohne Software kaufen oder pflegen zu müssen.

Flowserve, ein texanischer Pumpenhersteller, stattet seine Produkte neuerdings mit Vibrationsanalyse und -alarm aus. In der Folge überwacht Flowserve die Anlagen im Auftrag seiner Kunden. Erst vor Kurzem machte die Technologie beispiels-

weise einen Kunden auf ein Problem aufmerksam, das einen Verlust von 630.000 US-Dollar zur Folge gehabt hätte. Andere Unternehmen integrieren „as-a-Service“-Funktionalität zur Überwachung von Flüssigkeitsständen, zur Kontrolle von Energieverbrauchsspitzen oder auch um behördliche Auflagen zu erfüllen. Systeme können ihre Betreiber auf Änderungen der Emissionswerte oder der Treibstoffanforderungen aufmerksam machen, wenn Geräte und Anlagen von einer Jurisdiktion in eine andere verbracht werden.

### Vernetzte Produkte ohne Risikoerhöhung?

Im Gespräch mit Beteiligten erfährt man, dass alle nach Wegen suchen, bestehende Produkte um Hard- und Software zu erweitern, mit deren Hilfe Hersteller, Serviceprovider und Endkunden eine kontinuierliche Kommunikation miteinander aufrechterhalten können. Diese Vorteile müssen natürlich gegen Risiken wie Viren und Hacker abgewogen werden. Der Stuxnet-Virus war nur ein Vorspiel dessen, was passieren könnte, wenn nicht gehandelt wird. Betriebliche Anlagen sind häufig von IT-Systemen isoliert, um sie von dieser Art von Problemen abzuschotten. Sicherheitslücken komplett zu eliminieren, ist fast unmöglich, aber neue Techniken sind in Reichweite. Einige Unternehmen benutzen sogenannte One-Way-Dioden für die Übertragung von Anlagendaten an IT-Netze. Bei diesem Verfahren werden Industrieanlagen mit Datenmanagement- und SCADA-Systemen vernetzt. Die Daten werden dann durch eine "One-Way"-Diode auf eine Mirror-Site gefiltert, auf die IT-Experten, Lieferkettenpartner und andere zugreifen können. Hacker könnten dank der Diode nicht an die eigentlichen Systeme herankommen. □

# SICHER ABBLITZEN LASSEN

Sommer, Sonne, Gewitter: Über 95 Prozent aller Blitze des gesamten Jahres treten in den Gewittermonaten Mai bis September auf. Spezielle Schutzgeräte sollen vor Blitzeinschlägen und Überspannungen schützen. Um diese zu prüfen, ist bisher eine manuelle Wartung vor Ort notwendig. Eine neue Technik ermöglicht nun die vorausschauende Fernwartung und schafft so effizientere Vorgänge.

TEXT: Katrin Geier, Insys icom BILDER: Insys icom

Blitze haben ihren Ursprung in Gewitterzellen, die mehrere Kilometer Durchmesser erreichen können. Obwohl diese Zellen höchstens 30 Minuten aktiv sind, erzeugen sie während dieser Zeit etwa zwei bis drei Blitze pro Minute. So entlädt sich bei einem Blitzeinschlag eine riesige Energiemenge. Sie kann noch in einem Umkreis von bis zu zwei Kilometern um den Einschlagsort Schäden an elektronischen Geräten hervorrufen.

Diese Schäden durch elektromagnetische Beeinflussung an elektronischen Einrichtungen, nehmen als Folge der immer breiteren Einführung elektronischer Geräte und Systeme, auf Grund des abnehmenden Signalpegels und der damit zunehmenden Empfindlichkeit der Betriebsmittel sowie auf Grund der immer weiter fortschreitenden, großflächigen Vernetzung in starkem Maße zu.

Obwohl solche Zerstörungen an elektronischen Bauteilen oft nur wenig spektakuläre Spuren hinterlassen, sind sie häufig mit lang andauernden Betriebsunterbrechungen verbunden. Die Folgeschäden sind dabei oft wesentlich höher als die eigentlichen Hardware-Schäden, ganz zu schweigen von den möglicherweise entstehenden Haftungsfragen. Ganzheitliche Blitz- und Überspannungsschutzkonzepte wirken dem entgegen und sichern die Langlebigkeit und Verfügbarkeit der Anlagen und elektronischen Betriebsmittel. In Kombination mit moderner (Kommunikations-)Technik wird eine vorausschauende Wartung aus der Ferne ermöglicht und macht so die Vorgänge deutlich effizienter.

## Vor Blitzen ausreichend schützen

Das bayerische Unternehmen Dehn+Söhne mit über 100-jähriger Firmengeschichte entwickelt und produziert sowohl Schutzlösungen für Blitz- und Überspannungsschutz, als auch für Erdung und Arbeitsschutz. Die Blitz- und Überspannungsschutzge-

räte (SPD = Surge Protective Device) werden in vielen verschiedenen Bereichen wie Industrie, Energie- und Verkehrstechnik sowie in der Gebäudetechnik eingesetzt. Beispielsweise werden intelligente Ortsnetzstationen, PV- und Windanlagen, Straßenbeleuchtungssysteme oder Ladestationen für Elektrofahrzeuge zuverlässig vor den Auswirkungen von Blitzenentladungen als auch vor netzbedingten Überspannungen mit leistungsfähigen Blitzstrom- und Überspannungsableitern sowohl für energietechnische als auch daten- und informationstechnische Schnittstellen geschützt.

Sollte der SPD aufgrund einer Vielzahl von energiereichen Ableitvorgängen überlastet sein, wird der Defekt beispielsweise durch eine integrierte Funktions- und Defektanzeige oder durch die Nutzung potentialfreier Fernmeldekontakte signalisiert. Jedoch besteht in der Praxis oftmals die Situation, dass der Zeitraum zwischen Defektmeldung des SPD's und des Austausches durch ein funktionsfähiges SPD auf Grund fehlender Personalressourcen oder weit verteilter Stationen einige Tage oder sogar Wochen in Anspruch nehmen kann. In diesem Zeitraum ist die Anlage nicht geschützt und die Anlagen- und Betriebssicherheit nicht mehr sichergestellt.

## Vorschädigung von Überspannungsgeräten frühzeitig erkennen

Aufgrund dieser Problematik haben Dehn+Söhne und Insys icom, Technologiepartner für professionelle Datenkommunikation und Vernetzung von Daten, ein gemeinschaftliches, bereits geprüftes Konzept für Predictive Maintenance aufgesetzt. Hierbei werden SPDs eingesetzt, die bereits eine Vorschädigung signalisieren und so einen frühzeitigen Austausch empfehlen: so beispielsweise der Blitzstrom- und Überspannungsableiter Blitzductor XT mit integrierter Life-Check-Technologie.

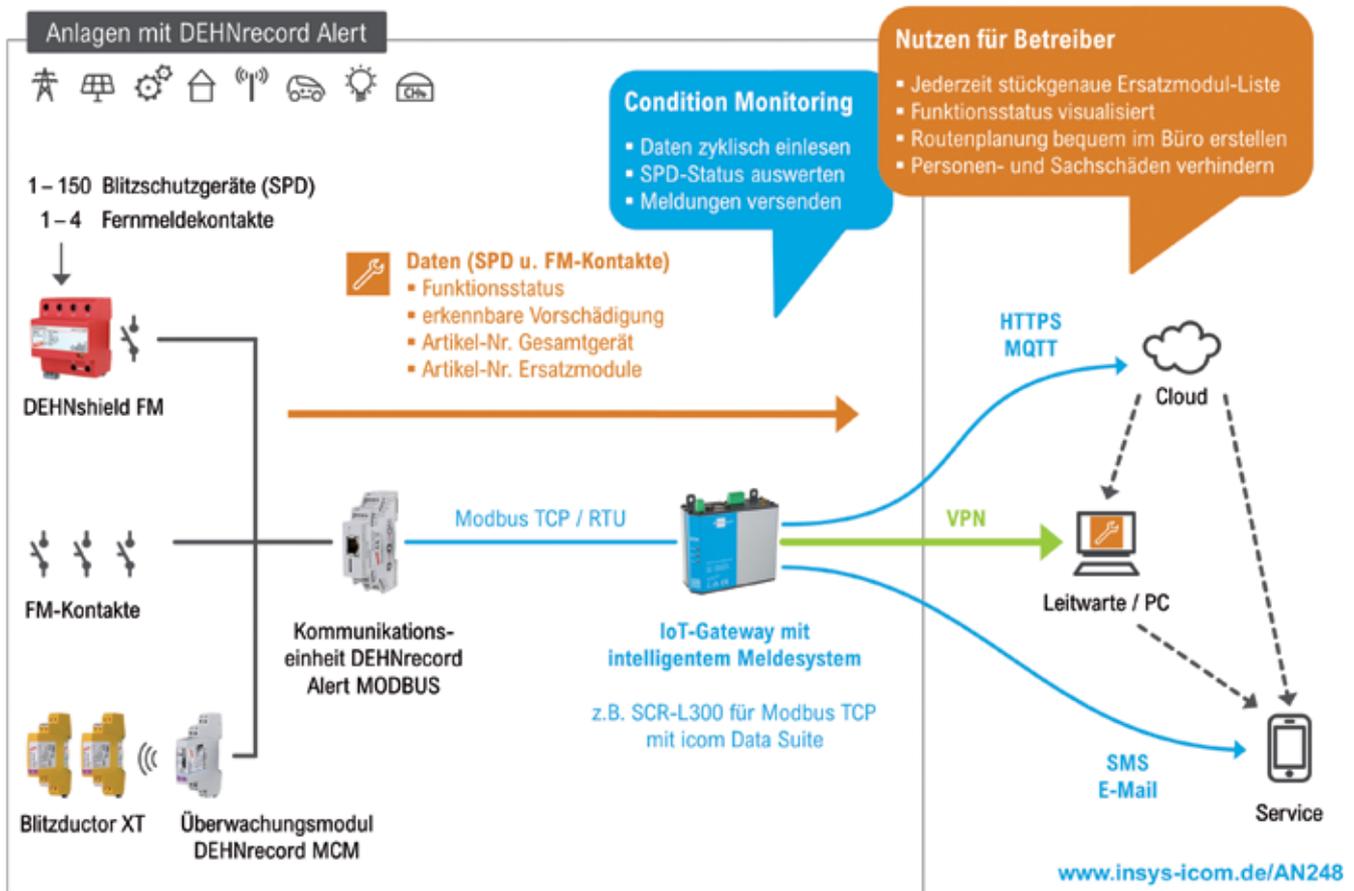


Abbildung 1: Der schematische Aufbau einer mit DEHNrecord ausgestatteten Anlage.

Integriert in die Schutzmodule überwacht Life-Check ständig den Zustand des Ableiters. Entsprechend einem Frühwarnsystem erkennt Life-Check eine drohende elektrische oder thermische Überlastung der Schutzkomponenten, so dass vorbeugend das Überspannungsschutzmodul ausgetauscht werden kann. Die Blitzschutzgeräte werden an einen der Industrierouter aus dem Portfolio von Insys icom angeschlossen, um ihren Zustand zu überwachen und Statusinformationen regelmäßig per Modbus TCP/RTU zu übermitteln.

Diese Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) ermöglicht planbare, effiziente und kostengünstige Service-Einsätze. An die Router lassen sich auch weitere Geräte, Sensoren und Aktoren anschließen, um diese ebenfalls zu überwachen, aus der Ferne zu warten oder zu steuern.

Wie setzt sich die Lösung zusammen? Die Überwachungslösung Dehn Record Alert nimmt der Anwender schnell und einfach mittels einer App in Betrieb. Das Kommunikationsmodul Dehn Record kann Statusmeldungen von vier universell einsetzbaren Fernmeldekontakten und von maximal 150 Überspan-

nungs-Schutzgeräten (SPDs) Blitzductor XT verwalten. Dabei fragt es sowohl den Status der Schutzgeräte, als auch die Artikelnummer des Gesamtgeräts sowie die Artikelnummern der jeweiligen Ersatzmodule ab.

Diese relevanten Daten übermittelt er via Modbus TCP/RTU anschließend an ein Insys Smart Device wie beispielsweise an einen Router aus der neuen SCR-Serie. Durch sein kompaktes Gehäuse mit zwei Montagerichtungen eignet sich speziell dieses Gerät als IoT-Gateway für die Montage neben dem Dehn Record Alert sowohl in Unterverteilern als auch in Schaltschränken. Der Router schickt die Daten entweder zu Visualisierungszwecken in eine Cloud oder speichert, bearbeitet und visualisiert diese dank seiner integrierten Linux-Umgebung und der Software icom Data Suite aber auch auf lokaler Ebene.

Zudem kann der Router als Protokoll-Konverter beispielsweise von Modbus auf IEC 60870-5-104 zur Anbindung von Leitstellen der Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber oder auf das IoT-Protokoll MQTT fungieren. Bei Bedarf lässt sich auch ein MQTT-Broker auf dem Router betreiben.



Abbildung 2: Die Blitz- und Überspannungsschutzgeräte lassen sich mit dem Profi-Router SCR (rechts) und dem DEHNrecord Alert (links) aus der Ferne warten.

Darüber hinaus wird man über Push-Mitteilungen auch sofort alarmiert, wenn ein Schutzgerät vorgeschädigt ist und es sofort getauscht werden muss. Durch die mitgelieferten Informationen zum jeweiligen Gerät ist beim Auswerten der Meldung gleich bekannt, was ersetzt werden muss. Das ist besonders für große Gebäude mit vielen verschiedenen Blitzschutzgeräten in den Schaltschränken von Vorteil.

Auch die passenden Ersatzmodule können einfach und schnell beschafft und getauscht werden, da die Artikelnummer und auch die Typenbezeichnung übermittelt wird. Das spart Zeit-, Kosten- und Personalressourcen, da nicht nur bisher notwendige Routinefahrten entfallen, sondern auch die Mitnahme von zahlreichen Ersatzteilen auf Verdacht hinfällig wird. Durch die Zustandsüberwachung liegen dem Kunden immer alle wichtigen Informationen zu den Geräten vor, sodass er die Wartung der Anlage vorausschauend und direkt an seinem Arbeitsplatz planen kann. Damit wird die Service- und Routenplanung wesentlich einfacher und effizienter.

## Alle Daten im Blick

„Unsere Kunden schätzen an dieser Lösung, dass die Status-Meldungen der Geräte automatisch übermittelt und dokumentiert werden und sich somit der Aufwand minimiert. Außerdem haben sie alle für sie relevanten Daten übersichtlich auf einem Dashboard visualisiert“, erklärt Tobias Kerschensteiner, Business Development Manager der Business Unit Energy bei Dehn+Söhne.

Die Verarbeitung und Präsentation der Daten erfolgt in Leitstellensystemen, Cloud-Services oder direkt vor Ort mittels integrierter Softwareumgebung im Router. Die icom Data Suite, eine

flexible, skalierbare Software von Insys icom, erfasst und verarbeitet die Daten direkt auf dem Insys Smart Device. Funktionen wie Logik oder Arithmetik stehen ebenso zur Verfügung wie eine Visualisierung aktuell ermittelter Werte.

## Effektiver Einsatz vorausschauender Wartung

„Das Besondere an unseren IoT-Gateways ist, dass sich mit ihnen zentralisierte Ansätze mit dezentralen beliebig kombinieren lassen. Verteilte Anwendungen können ihre Daten an Clouds und andere Speicher- und Verarbeitungsmedien übergeben und sich von dort aus steuern lassen. Außerdem ist eine Datenverarbeitung bereits an den lokalen Einheiten durchführbar. Das bietet Anwendern einen großen Spielraum bei der Gestaltung ihrer Anwendung. Zusätzlich eröffnet es die notwendige Flexibilität, um auch für künftige Anforderungen gerüstet zu sein, ohne dafür extra die gesamte Infrastruktur erneuern zu müssen“, bekräftigt Wolfgang Wanner, Leiter Marketing and Sales Consultancy bei Insys icom.

Verantwortliche aus den Bereichen Industrie, Energie- und Infrastrukturtechnik können mit der gemeinsamen Lösung von Insys icom und Dehn+Söhne die Verfügbarkeit ihrer Anlagen sichern und Service-Einsätze mittels vorausschauender Wartung effizient planen.

Sie können nicht nur bei direkten Blitzeinschlägen, sondern auch bei Einschlägen in der näheren Umgebung, beispielsweise in Laternenmasten oder Stromleitungen, schnell reagieren und so Anlagen bestmöglich schützen.

Weitere Informationen zu Insys icom finden Sie im Business-Profil auf Seite 33.

# PASSIVE BAUELEMENTE

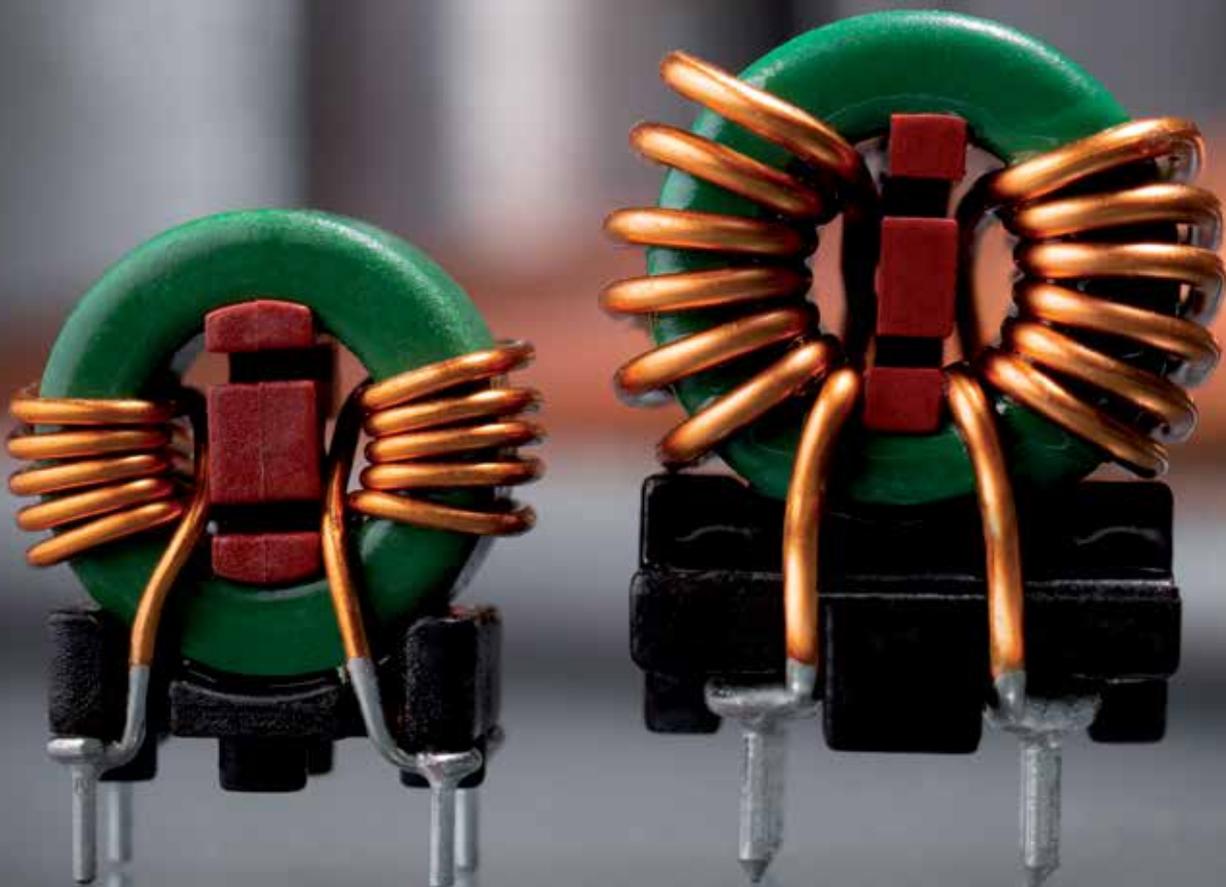


BILD-SPONSOR: WÜRTH ELEKTRONIK EISOS

**62 Im Rampenlicht**  
Würth Elektronik eiSos

**64 Kleine Bauteile mit großem Einfluss**  
Pierre Lohrber, Würth Elektronik eiSos

**65 Sicherheit vs hohe Stückzahlen**  
Michael Roach, AEM Components; Silke Hanebuth, wts electronic components

**68 Leistungswiderstände für E-Mobility**  
Bertram Schott, Adrian Michael, beide Vishay

**71 Kondensatoren für Offshore-Einsätze**  
André Tausche, FTCAP

# IM RAMPENLICHT

Die elektronischen und elektromechanischen Bauelemente von Würth Elektronik eiSos stehen für sehr hohe Qualität und Verfügbarkeit. Besondere Details gibt es hier zu entdecken.

TEXT: Würth Elektronik eiSos BILDER: Dominik Gierke

## Lötfrei und sicher stecken

Redfit IDC ist ein lötfreier und mehrfach steckbarer Steckverbinder mit Skedd-Technologie. Die Skedd-Kontakte werden direkt in die Leiterplatte gesteckt. Die Anbindung des Flachbandkabels erfolgt mittels Schneidklemmtechnik. Ein komplettes Bauteil und potentielle Fehlerquellen entfallen. Das erhöht die Prozesssicherheit, spart Platz, Zeit, Material und Prozesskosten.

### Asymmetrische Störer

Stromkompensierte Drosseln mit Nickel-Zink-Kernmaterial liegen, im Vergleich zu solchen mit Mangan-Zink-Kernmaterial, im mittleren und hohen Frequenzbereich bei der Unterdrückung asymmetrischer Störanteile vorne. Die zusätzliche Störfestigkeit gegen Burst- und hochfrequente Störsignale spricht für diese Neuentwicklung. Der spezifische Wicklungsaufbau der Serie ermöglicht eine Reduktion der, gerade im HF-Bereich nicht zu vernachlässigenden, parasitären Effekte.

### LED it grow!

Die Horticulture LEDs aus der High-Power-Keramik-Serie wurden, mit ausgewählten Wellenlängen von 450, 660 und 730 nm, speziell für die Pflanzenzucht entwickelt. Diese fördern die Photosynthese und optimieren dadurch die Pflanzenentwicklung.

# KLEINE BAUTEILE MIT GROSSEM EINFLUSS

Die Miniaturisierung vereinfacht die Platzierung anderer Bauteile maßgeblich. Jedoch ist dieser Trend mit Vorsicht zu genießen. Bei näherer Betrachtung lassen sich im Einsatz, beispielsweise bei den Kenndaten und der Kapazität eklatante Unterschiede feststellen, die auf die Bauform zurückzuführen sind.

Es gibt sie, die stillen Diener der Elektronikindustrie, die in sehr hohen Mengen Jahr für Jahr auf den Leiterkarten der Welt verbaut werden. Die Multilayer Ceramic Chip Capacitor (MLCCs), zu deutsch Keramik-Vielschichtkondensatoren, finden sich in nahezu allen Schaltungen. Der Markt ist angespannt. Kennzeichnet ist er entweder durch Verknappung, wie in der aktuellen Weltmarktsituation oder ein großes Überangebot und fallende Preise, wie in den vergangenen Jahren. Trotzdem treiben die Hersteller Entwicklungen voran. Hier ist Miniaturisierung das Schlagwort, welches die Bauteildimensionen in Regionen treibt, die kaum mehr mit dem bloßen Auge erkennbar sind. Ehemalige Standards wie 0603 und 0805 sehen im Vergleich mit 01005 oder 008004 aus, wie Relikte aus Urzeiten.

Mit der Miniaturisierung ging die Erhöhung der Packungsdichte einher. Diese brachte höhere Kapazitätswerte auf schrumpfenden Dimensionen hervor. Der technologische Fortschritt findet so großen Anklang, dass diese hochkapazitiven Kleinstbauformen in Schaltungen Anwendung finden, die sich nicht durch einen Platzmangel auf der Leiterkarte auszeichnen. Die kleineren MLCCs vereinfachen die Platzierung anderer Bauteile, was bei der Verkürzung der Leiterbahnlängen hilft und somit deren Störanfälligkeit reduziert. Jedoch birgt diese Bauform auch Nachteile, denn bei näherer Betrachtung lassen sich Unterschiede bei den verschiedenen Kenndaten der MLCCs, allen voran das DC-Bias-Verhalten und die Änderung der Kapazität über den gesamten zulässigen Temperaturbereich, feststellen. Unter Beibehaltung der für die Schaltung erforderlichen Werte der Kapazität und Spannung lohnt es sich, die elektrischen Kennwerte verschiedener Bauformen miteinander zu vergleichen. Denn beispielsweise ein MLCC mit einem Mikروفarad und einer zulässigen Spannung von 10 V in der Bauform 0402 in der Standardkeramik X7R zeigt einen weitaus stärkeren Abfall der Kapazität als die größere Bauform 0805. In der Entwicklungsphase der kleineren Bauformen mit höheren Packungsdichten wurden verstärkt vom Standard abweichende Keramiken



**Pierre Lohrber**

Division Manager Kondensatoren und Widerstände,  
Würth Elektronik eiSos  
pierre.lohrber@we-online.de

eingeführt. Diese erzielen ihre Kapazitätswerte mit Einschränkungen im zulässigen Temperaturbereich oder in der Schwankungsbreite. In diesem Zug wurden Standardkeramiken wie X5R und X7R um neue Variationen wie X7S, X7T oder X6S erweitert. Hier gilt es allerdings die Anforderungen der Schaltungsteile genau zu prüfen, ob die zulässigen Kapazitätswertveränderungen wirklich ohne Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Applikation bleiben. Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die Veränderungen der Kapazität nicht separat, sondern in Kombination auftreten und damit Verluste von bis zu 80 Prozent des Nominalwertes nicht selten sind.

Neben der technischen Bewertung muss jedoch auch der kaufmännische Aspekt zwangsläufig berücksichtigt werden. Gerade in der aktuellen Lage, bei der nahezu der gesamte MLCC-Markt durch eine tiefgreifende Allokation gekennzeichnet ist. Einkaufsabteilungen von Unternehmen müssen ihre gesamten Kapazitäten dafür aufwenden, C-Bauteile zu beschaffen. Denn das Fehlen dieser würde ganze Produktionslinien stilllegen. Die Auswirkungen des Preisverfalls der letzten Jahre sind tief verwurzelt. Kleine Margen oder Negativergebnisse bei den Herstellern führten zu minimalen Investitionen oder dem völligen Aussetzen. Große Hersteller zogen sich aus dem Markt zurück. Dem gegenüber steht der steigende Bedarf durch die gute gesamtkonjunkturelle Entwicklung. Aktuell entwickeln sich die Preise teilweise explosionsartig und Fertigungskapazitäten überbucht. Dahinter steckt teils der echte Bedarf, also auch viele doppelte Bestellplatzierungen. Gerade in diesem überhitzten Markt ist die Zusammenarbeit von der Entwicklungsabteilung bis hin zum Einkauf erforderlich. Vermeintliche Einsparpotentiale eines ganzen Jahres in der Vergangenheit durch den Einkauf generiert, können mit nur einer einzigen Stunde Fertigungsstillstand ausgelöscht werden. Es lohnt sich also doppelt zu prüfen, ob Kleinstbauformen mit größter Packungsdichte aus Sicht der Applikation zwingend erforderlich sind. Die elektrische Performance und die aktuelle Verfügbarkeit spricht jedenfalls klar dagegen.

# SICHERHEIT VS HOHE STÜCKZAHLEN

Ein Auto bleibt bei guter Pflege auch lange gut erhalten. Jedoch ist die Elektronik trotz Pflege, harten Bedingungen wie großen Temperaturschwankungen, Schock und Vibrationen, Feuchtigkeit, Wasser und Salz ausgesetzt, vor welchen sie ausreichend geschützt werden muss.

**TEXT:** Michael Roach, AEM Components; Silke Hanebuth, wts electronic components **BILDER:** wts electronic components

Diese widrigen Umstände zeigen den Bedarf nach Verbesserung der SMD-Sicherungstechnik. Da heutige Fahrzeuge smart und connected werden, benötigt immer mehr Elektronik einen Leiterplattenschutz. Mit dem schnell wachsenden Markt an elektrischen (EV) und hybriden elektrischen (HEV) Fahrzeugen - die meisten mit hochenergetischen Lithiumbatteriesystemen - ist die Forderung nach zuverlässigen Stromkreisschutzvorrichtungen zum Schutz vor katastrophalen Ausfällen groß.

Allerdings sind SMD-Sicherungen nicht gleich SMD-Sicherungen. Und die, die derzeit häufig verwendet werden, können große Nachteile haben. Beispielsweise der traditionelle Ansatz, die schmelzbare Verbindung durch Lötperlen an einem Keramikrohr zu verbinden, hat den Nachteil einer ungleichmäßigen Leistung und eines möglichen internen Verbindungsfehlers, der durch mechanische oder thermische Belastung wie Vibration oder Biegung, aber auch durch übliche Lötfehler verursacht wird. Unter hoher Belastung kann das Lötmedium verdampfen, was zu einer vergrößerten Lichtbogenbildung führt.

## Fehlerquelle Lötverbindung

Das kann zu einem Ausfall oder einer Beschädigung der Leiterplatte und der umgebenden Komponenten führen. Glücklicherweise bieten Fortschritte in der Chip- und Draht-in-Luft-Sicherungstechnologie bessere Zuverlässigkeitsergebnisse als herkömmliche Lösungen.

AEM Components kündigt die Verfügbarkeit seiner neuen AEC-Q200 qualifizierten SMD-Sicherungen an, die speziell

für den zuverlässigen Betrieb in belastbaren Automobilanwendungen entwickelt wurden. Die neue Draht-in-Luft Sicherung „AirMatrix“ (QA Serie) und die Solid-Body-Sicherung „Solid-Matrix“ (QF Serie) werden in einer TS16949-zertifizierten Anlage gefertigt. AEM bietet Automobil-Ingenieuren mit diesen beiden neuen Produktreihen SMD-Sicherungen an, die eine zuverlässige Leistung in Motorsteuerungen und Batterie-Management-Systemen bis hin zu Infotainment- und Kommunikationssystemen gewährleisten.

## Draht-in-Luft-Sicherungen

Die AirMatrix Sicherung (QA-Serie) verfügt über die branchenweit höchsten Stromstärken bis 20A / 250V. Die von AEM patentierte, hermetisch abgedichtete Draht-in-Luft-Struktur sorgt für eine gleichbleibende elektrische Performance. Die QF-Solid-Body-Sicherungen mit der AEM-eigenen Anti-Schwefel-Endkappen-Konstruktion sorgen für eine mechanische und thermische Stabilität über einen weiten Temperaturbereich (-55 bis 150 °C).

In diesem Fachbericht wird auf die neuesten Technologien der Draht-in-Luft-Sicherungen eingegangen. Zusätzlich dazu werden Ergebnisse von Simulationstests besprochen, die die wesentlichen Vorteile der Nutzung dieser fortschrittlichen Technologien gegenüber den traditionellen Ansätzen veranschaulichen.

## Nachteile der Keramikröhren-Sicherung

Die konventionelle Draht-in-Luft-Sicherung ist bekannt als Keramik-Röhrensicherung oder quadratische Nano-Si-

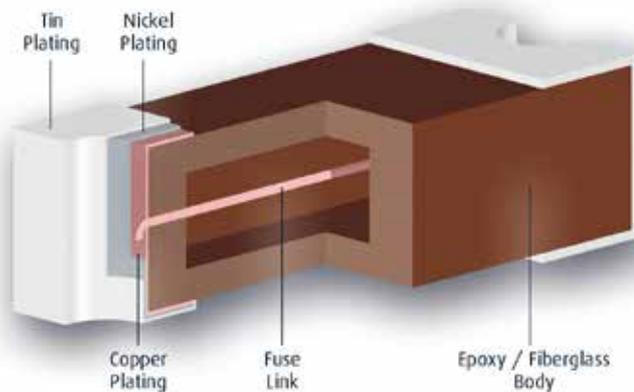


Abbildung 1: Die AirMatrix-Draht-in-Luft-Sicherung bietet eine lötfreie und Anti-Schwefel-Konstruktion.

cherung. Das schmelzbare Drahteil ist innerhalb eines Keramikrohres untergebracht und mit den Endkappen durch Lötperlen verbunden. Es gibt mehrere Nachteile, die mit dieser herkömmlichen Draht-in-Luft-Sicherung verbunden sind. Die Ablösung der Endkappen ist ein häufiger Fehler an dieser Konstruktion. Auch besteht ein Mangel an Gleichmäßigkeit in der Leistung aufgrund der Variabilität bei der Anordnung des Drahteillements innerhalb des Keramikrohres. Im schlimmsten Fall lassen Hochstrom und die damit verbundene Hitze das Lötmedium verdampfen, so dass sich Druck aufbaut und die Sicherung zerbricht oder sich öffnet. Sobald dies geschieht, sinkt die Temperatur, das Lötmedium kondensiert und wird über den Kreislauf zurückgegeben, wo es einen Kurzschluss auslösen kann.

Die Abbildung 2 zeigt zwei herkömmliche Draht-in-Luft-Sicherungen, die einem EV-Kurzschlusszustand ausgesetzt waren. Beispiel A bei 250 V / 250 A und Beispiel B bei 450 V / 450 A zeigen eine starke Beschädigung der Sicherung und außerdem die Kollateralschädigung der umgebenden Schaltkreise. In den Wellenformen zeigte der Stromfluss, dargestellt mit der gelben Spur, durch die Sicherungen jeweils einen sekundären Stromfluss, der letztlich dann zu einer Beschädigung der Platine führte.

### Neuer Technologieansatz: AirMatrix-Sicherung

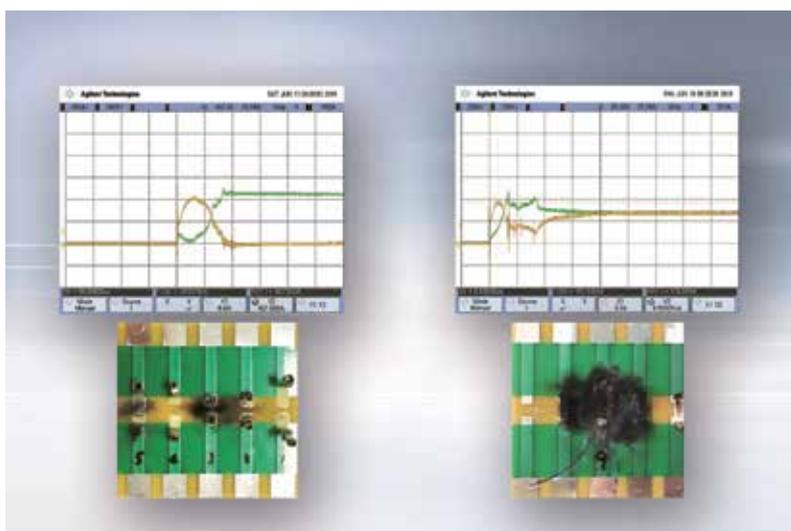
„Das schmelzbare Element in der AirMatrix, der Draht-in-Luft Sicherung, ist gleichmäßig gerade über den internen Hohlraum und außen an den Endkappen befestigt“, berichtet Jeffers Liu, der AEM Components Vice President für Vertrieb und Marketing.

„Vergleichbare Produkte am Markt verwenden Lötperlen in einem Keramikrohr, um die schmelzbare Verbindung zu verbinden. Dieser traditionelle Ansatz hat den Nachteil einer ungleichmäßigen Leistung und eines möglichen internen Verbindungsfehlers, der durch mechanische oder thermische Belastung wie Vibration oder Biegung, aber auch durch übliche Lötfehler verursacht werden kann. Unter hohen Belastungsbedingungen kann das Lötmedium verdampfen, was zu einer vergrößerten Lichtbogenbildung führt. Dies wiederum kann zu einem Ausfall oder einer Beschädigung der Leiterplatte und der umgebenden Komponenten führen. Im Vergleich dazu sind unsere Automobil-Sicherungen, durch die Beseitigung der Lötverbindung, speziell für die Erhöhung der Zuverlässigkeit in rauen Umgebungen konzipiert“, erklärt Liu.

Die neue Draht-in-Luft-Sicherung, die AirMatrix, nutzt eine patentierte, hermetisch abgedichtete Draht-in-Luft-Struktur, die eine gleichbleibende elektrische Leistung gewährleistet. Das Sicherungselement in der AirMatrix-Sicherung ist gleichmäßig über den Hohlraum ausgerichtet und außen mit den Endkappen verbunden. Anders als die herkömmliche quadratische Nanosicherung mit dem keramischen Körper und dem Lötverbindungsdesign verwendet die AirMatrix-Sicherung einen glasfaserverstärkten Körper und eine lötfreie Direktverbindung.

Wenn die AirMatrix-Sicherung dem gleichen Stress-Test einer EV-Batterie-Kurzschluss-Simulation wie die herkömmliche Keramik-Röhrensicherung ausgesetzt wird, (in Abbildung 2 beschrieben) wird die fortschrittliche Konstruktion deutlich: Die AirMatrix-Sicherung hält den 450-V/450-A-Bedingungen ohne Auftreten externer Beschädigungen stand.

Abbildung 2: Schäden, die sich aus zwei herkömmlichen Keramik-Röhrensicherungen ergeben, die extremen Überlastbedingungen ausgesetzt waren.



Zu beachten ist hierbei, wie in den Wellenformen der Stromfluss, gezeigt als gelbe Spur, durch die AirMatrix-Sicherung auf Null sinkt. Die Spannung, zu sehen als grüne Spur, zeigt einen offenen Stromkreis für die AirMatrix-Sicherung ohne sekundäre Leitung. Die QA-Serie wird in zwei fast-acting Versionen angeboten: ein 2410-Gehäuse mit einem 0,5-bis-20-A/65-bis-250-V-Rating und einem 1206-Gehäuse mit 1,5 bis 15 A / 32 bis 65 V.

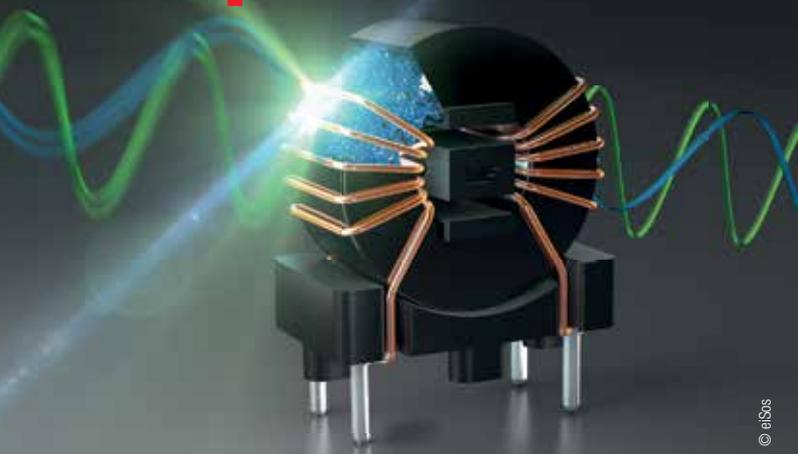
### Vorteile durch neue Draht-in-Luft-Sicherungen

Automotive-Elektronikingenieure müssen die traditionellen Draht-in-Luft-Sicherungslösungen überdenken, wenn

sie ihre Geräte für den AEC-Q200-Standard qualifizieren möchten. Wie die Testergebnisse deutlich zeigen, bieten die Fortschritte bei Draht-in-Luft-Sicherungen gegenüber herkömmlichen Technologien Vorteile bei der Sicherheit. Die AirMatrix-Draht-in-Luft-Sicherungen werden in einer nach TS16949-zertifizierten Anlage hergestellt und sind speziell für den zuverlässigen Betrieb in stark belastbaren Automobilanwendungen konzipiert. Die QA-Serie ist ab sofort auch in hohen Stückzahlen erhältlich. Muster können ebenfalls angefragt werden.

Weitere Informationen zu wts electronic components finden Sie im Business-Profil auf Seite 52.

# crystal clear frequencies.



© eiSOS

**WE**  
WÜRTH ELEKTRONIK

Die WE-CMBNC ist eine VDE-zertifizierte Serie von Gleichaktrosseln mit einem hochpermeablen **nanokristallinen Kernmaterial**. Sie zeichnet sich durch eine hervorragende breitbandige Dämpfung bei kleiner Baugröße, hohe Nennströme und geringe Gleichstromwiderstände aus. Auch besonders niedrige Bauhöhen oder hohe Nennspannungen können durch stromkompensierte Netzdrosseln der WE-CMB Serie realisiert werden.

- Hochpermeables nanokristallines Kernmaterial
- Hoher Nennstrom & niedriger  $R_{DC}$  bei kleiner Baugröße
- Breitbandige Entstörung
- Stabile Induktivitätswerte bei hohen Temperaturen
- Optimierte Isolation durch Kunststoffgehäuse und patentiertem Trennsteg

#CRYSTALCLEAR

*WE speed up  
the future*

Weitere Informationen unter:  
[www.we-online.de/we-cmb](http://www.we-online.de/we-cmb)

# LEISTUNGSWIDERSTÄNDE FÜR E-MOBILITY

Schon immer werden drahtgewickelte Leistungswiderstände über ihre Leistung spezifiziert. In der Elektromobilität ist diese Spezifikation jedoch unzureichend. Das Hauptanwendungsgebiet im automobilen Einsatz ist das Laden oder Entladen von großen Kondensatoren, auch Soft Start genannt.

**TEXT:** Bertram Schott, Adrian Michael, beide Vishay **BILDER:** Vishay

Hierbei ist nicht nur die Kenntnis der Dauerleistung des Widerstandes notwendig, sondern auch die der Pulsbelastbarkeit. Durch eine Kombination aus theoretischen Grundlagen und Finite-Elemente-Simulationen der elektrischen und thermischen Belastung dieser Widerstände lässt sich die Pulsbelastbarkeit drahtgewickelter Leistungswiderstände über einen weiten Pulsdauerbereich sehr gut bestimmen. Die Ergebnisse können generalisiert und Kundenspezifikationen hinsichtlich der Einsetzbarkeit schnell bewertet werden.

## Widerstand ermöglicht Pulsbelastbarkeit

Üblicherweise sind drahtgewickelte Leistungswiderstände bezüglich ihrer Dauerleistung spezifiziert. Bei der Verwendung von Draht als Widerstandselement kann dieses, aufgrund der relativ hohen Wärmekapazität des Drahtes, relativ viel Energie aufnehmen, wobei der Temperaturanstieg moderat ausfällt. Daher eignen sich drahtgewickelte Leistungswiderstände für Applikationen mit Pulsbelastungen sehr gut.

Durch den immer häufigeren Einsatz, beispielsweise in Frequenzumrichtern, erfährt auch die Spezifikation der Aufnahmefähigkeit von Pulsbelastungen größere Wichtigkeit. Dies geschieht oft exemplarisch durch Angabe der maximal zulässigen Leistung für einen Puls mit einer gewissen Dauer oder der damit verbundenen Pulsenergie.

Hin und wieder werden auch die maximal zulässigen Energien oder Leistungen für Pulse mit unterschiedlichen Dauern angegeben. Wird der Widerstand nun einer Pulsbelastung aus-

gesetzt, deren Dauer im Bereich nicht-adiabatischer Randbedingungen liegt und schwierig mit den im Datenblatt angegebenen Werten für Kurzzeitimpulse vergleichbar ist, so ist die Berechnung der maximal zulässigen Pulsbelastbarkeit für diesen Fall keinesfalls trivial. Möglich wird sie durch eine Kombination aus theoretischen Grundlagen und Finite-Elemente-Simulationen der elektrischen und folglich thermischen Belastung des Widerstands.

## E-Mobility benötigt Pulsbelastbarkeit

Im Bereich E-Mobility ist die Begrenzung des Lade- und Entladestroms von Kondensatoren eine typische Anwendung für drahtgewickelten Leistungswiderstände, da hierbei hohe Pulsbelastungen für die Widerstände auftreten. Es werden gerne mehrere kleine drahtgewickelten Leistungswiderstände auf ein PCB gelötet, um die Herstellung einfach zu gestalten. Für diese Applikation liegt bei Vishay der Fokus auf der AC-AT-Serie, die als erste ihrer Art nach AEC-Q200 Automotive qualifiziert wurde.

## Pulsbelastung erzeugt Wärme

Um den thermischen Effekt eines elektrischen Pulses auf einen Widerstand bewerten zu können, muss man das Abkühlen des Widerstands betrachten. Effektiv geschieht das beispielsweise durch die Annahme, dass Newtonsche Abkühlung vorliegt, das heißt dass die zeitliche Abnahme der Temperatur proportional der Temperaturdifferenz zwischen heißem Widerstand und dessen kühlerer Umgebung ist, und dass die

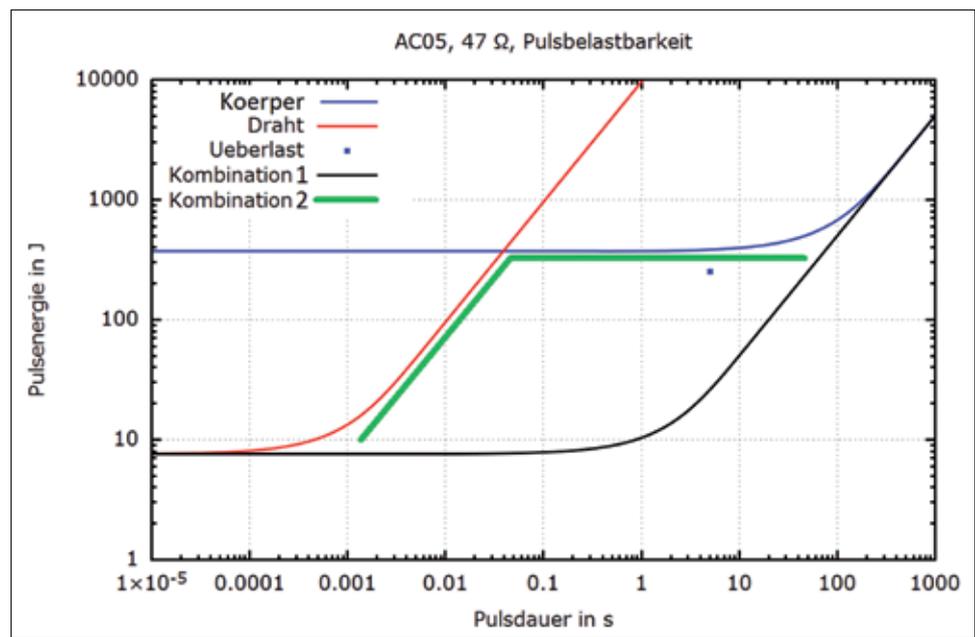


Abbildung 1: Zu sehen sind die Grenzen der Pulsbelastbarkeit für den Körper eines AC05 (blaue Kurve) und dessen Widerstandsdrahts bei  $R = 47 \Omega$  (rote Kurve). Die Kurven werden oft kombiniert. Kombination 1 (schwarze Kurve) unterschätzt die mögliche Überlast (blauer Punkt), Kombination 2 (grüne Linie) überschätzt die Pulsbelastbarkeit im Bereich des gezeigten Knicks bei ungefähr 0,05s.

Temperatur der Umgebung konstant bleibt. Übertragen auf das Widerstandselement, also den heißen Draht, besteht dessen Umgebung (in unserem Fall der AC-Serie) aus Zement. Die folgenden Überlegungen können aber auch auf glasierte oder sandgefüllte drahtgewickelte Leistungswiderstände übertragen werden.

### Unterschätzte Pulsbelastbarkeit

Die Annahme Newtonsche Abkühlung und damit der Proportionalität von zeitlicher Änderung der Temperatur und maximaler Temperatur des Drahts oder besser des Widerstands, führt dazu, dass die Temperaturen von Draht und gesamtem Widerstand durch Exponentialfunktionen beschrieben werden können. Die Grenzen der Pulsbelastbarkeit sind für einen AC05-Widerstand mit  $47 \Omega$  und dessen Widerstandsdrahts in Abbildung 1 in blau beziehungsweise rot gezeigt.

Die maximale Pulsbelastbarkeit des gesamten Widerstandes wird in der Regel durch eine einfache Kombination beider Kurven dargestellt. Eine Möglichkeit ist eine Exponentialfunktion vom Typ der Newtonschen Abkühlung, Kombination 1 in Abbildung 1, die jedoch weit unterhalb der üblichen Über-

lastbarkeit von zehnfacher Nennleistung für 5 Sekunden liegt, und damit die Pulsbelastbarkeit in diesem Bereich ganz klar unterschätzt.

### Überschätzte Pulsbelastbarkeit

Eine zweite Möglichkeit, Kombination 2 in Abbildung 1, überschätzt jedoch die Pulsbelastbarkeit im Bereich des gezeigten Knicks, bei etwa 0,05 s, da die Erwärmung des Widerstandskörpers bei der Berechnung für den Draht nicht berücksichtigt wird.

### Simulation für beliebige Pulsdauer

Finite-Elemente (FE)-Simulationen der Wärmeströmung und der Temperaturverteilung im AC05 Widerstand führen bei einer pulsierenden Wärmequelle im Draht, aufgrund einer elektrischen Pulsbelastung, nicht nur zur Erwärmung des Drahts und darauf folgender Abkühlung, sondern natürlich auch zur entsprechenden Erwärmung des gesamten Widerstands mit einer gewissen Verzögerung. In der FE-Simulation spielt die Dauer der Pulsbelastung keine Rolle, sofern die Randbedingungen richtig gewählt sind. Somit lassen sich

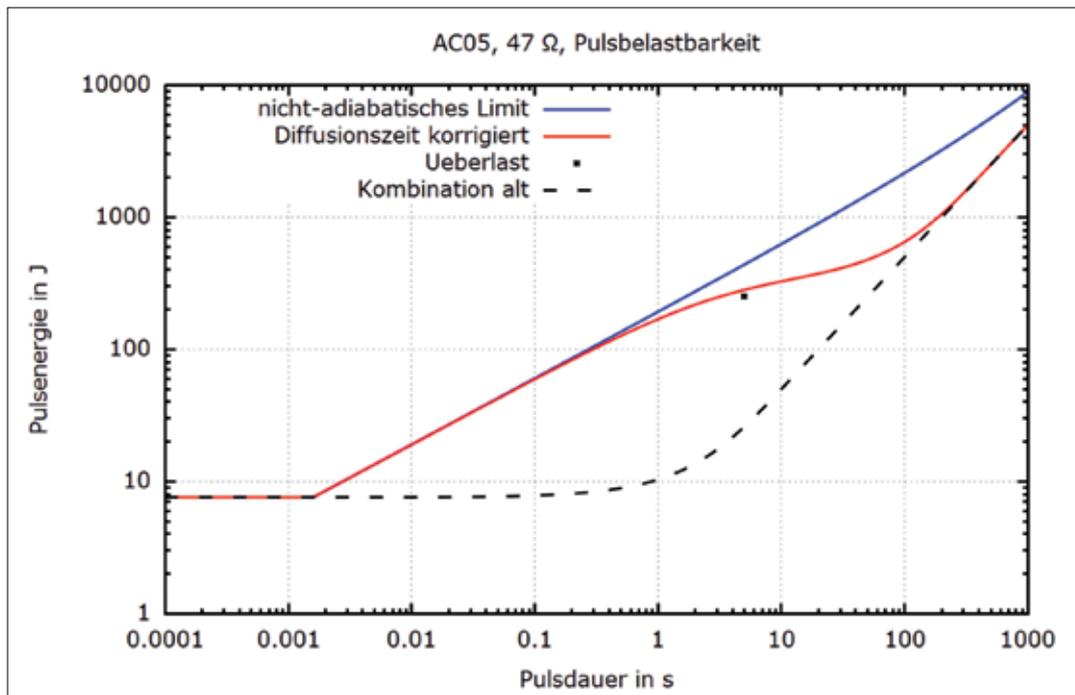


Abbildung 2: Die blaue Kurve zeigt die maximal zulässige Pulsbelastung für nicht-adiabatische Randbedingungen aus Sicht des Drahts, die rote Kurve, die mit passender charakteristischer Zeit für thermische Diffusion korrigierte. Zum Vergleich gibt die schwarz gestrichelte Kurve eine übliche Grenzkurve mit deutlicher Unterschätzung der Pulsbelastbarkeit im Bereich von etwa 0,1 bis 10 s Pulsdauer an.

die Temperaturen vom Draht und auch des Widerstandes für beliebige Pulsdauern, von adiabatisch aus Sicht des Drahts (ms-Bereich) bis quasi zu Dauerlast des gesamten Widerstands (100-s-Bereich), simulieren. Durch die Vorgabe maximal zulässiger Temperaturen im Draht lässt sich so auch die maximal zulässige elektrische Pulsbelastung ermitteln.

### Generalisierung durch Skalierung

Die durch einige FE-Simulationen erhaltenen Ergebnisse lassen sich durch Skalierung mit der charakteristischen Zeit für thermische Diffusion des Drahts bezüglich der Pulsdauer generalisieren. Daraus kann ein Korrekturfaktor in die Exponentialfunktion eingebracht werden, die die Temperatur gemäß der Newtonschen Abkühlung beschreibt.

### Kontinuierliche Belastbarkeit des Widerstands

Mit den genannten Korrekturfaktoren lässt sich die maximal zulässige Pulsbelastung für nicht-adiabatische Randbedingungen aus Sicht des Drahts berechnen (Abbildung 2, nicht-adiabatisches Limit). Diese konvergiert jedoch für lange Pulsdauern nicht gegen die Pulsbelastbarkeit des gesamten Wi-

derstands. Benutzt man aber für relativ lange Pulsdauern zur Skalierung die charakteristische Zeit für thermische Diffusion des gesamten Widerstands, so konvergiert die Grenzkurve der Pulsbelastbarkeit unter nicht-adiabatischen Randbedingungen gegen die Grenzkurve für die kontinuierliche Belastbarkeit des Widerstands.

### Übertragung auf andere Verfahren möglich

Die Ergebnisse der FE-Simulation der thermischen Eigenschaften eines bestimmten Widerstands, hier des AC05 mit 47 Ω, lassen sich durch geeignete Skalierung generalisieren und daher ohne weitere FE-Simulationen nicht nur auf alle Widerstandswerte (Drahtkonfigurationen) des AC05, sondern auf alle AC-Typen übertragen, da sich diese in ihrer Bauart sehr ähnlich sind.

Das Verfahren ist sogar auf alle anderen ähnlichen drahtgewickelten Widerstände, wie beispielsweise die G200-Serie, ohne zusätzliche FE-Simulationen übertragbar und daher extrem effizient. Für den Anwender hat das den Vorteil, dass Fragen nach der Pulsbelastbarkeit kompetent und sehr schnell beantwortet werden können. □

# KONDENSATOREN FÜR OFFSHORE-EINSÄTZE

FTCAP hat feuchtigkeitsgeschützte Filmkondensatoren entwickelt, die sich ideal für den Einsatz in Offshore-Windkraftanlagen eignen. Durch eine spezielle Verkapselung überzeugen sie auch unter rauen Wetterbedingungen mit einer langen Lebensdauer. Langzeittests belegen, dass im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen neun Zehntel des Wassers nicht eindringen.

TEXT: André Tausche, FTCAP BILD: FTCAP

Zwischenkreis-Folienkondensatoren in industriellen Geräten für die Leistungselektronik sind immer häufiger rauen Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Besonders in Offshore-Windenergieanwendungen werden Wechselrichter durch Feuchtigkeit, salzige Luft und extreme Temperaturen stark beansprucht. Diese Umstände führen insbesondere bei den eingesetzten Zwischenkreiskondensatoren zu einer zusätzlichen Belastung: Denn Feuchtigkeit beeinflusst die elektrischen Eigenschaften von metallisierten Folienkondensatoren sehr stark.

Das führt durch Korrosion zu einer Demetallisierung der metallbedampften Elektroden. Weiterhin steigt der Verlustfaktor, der Isolationswiderstand sinkt und die Wärmeentwicklung nimmt zu. Laut Studien liegt die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit an den Standorten von Windkraftanlagen zwischen 70 und 95 Prozent. Bei Standard-Kondensatoren stellen sich aus diesen Gründen sehr schnell Schäden durch Korrosion ein, die die Lebensdauer signifikant verkürzen – denn sie führen früher oder später zu Komplett-Ausfällen.

## Absolute Dichte durch Aluminiumverkapselung

Um hier Abhilfe zu schaffen, hat FTCAP Filmkondensatoren des Typs GP entwickelt. Bei Standardkondensatoren vom Typ GT besteht das Gehäuse aus Polyamid PA66, wobei der nicht vom Wickel ausgefüllte Bauraum mit Kondensatorharz aufgefüllt wird. Kondensatoren mit einem verbesserten Feuchtigkeitsschutz (Typ GP) hingegen verfügen über einen Becher und eine Dichtungsscheibe aus Aluminium.

Dank ihrer speziellen Verkapselung sind diese Kondensatoren sehr gut vor Feuchtigkeit geschützt. Die Angriffsfläche der Feuchtigkeit beschränkt sich außerhalb des Kondensators auf die benötigten Isolierungen. Diese werden bei der axialen Bauform noch zusätzlich als Verdrehsicherung ausgeführt, um beim sensiblen Übergang vom Terminal zur Kondensatorfolie die Beanspruchung durch Drehmomente zu minimieren.

## Dauertests erfolgreich bestanden

Wie gut die Kondensatoren vor Feuchtigkeit geschützt sind, belegt ein Dauertest über 26 Tage: Dabei wurden acht Folienkondensatoren des Typs GT mit 225µF bei 1000 V mit Steiner-Metallisierungsfolie in einen PA6-Behälter mit Wevo-PU-Harzform (Typ A) eingegossen.

Weitere acht Folienkondensatoren des Typs GP mit 225µF bei 1000 V mit Steiner-Metallisierungsfolie wurden mit Wevo-PU-Harz in einen Aluminium-Behälter eingegossen und mit einem Aluminium-Scheibendeckel (Typ B) verschlossen.

Alle 16 Proben wurden 26 Tage lang in einer Klimakammer des Typs Weiss WKL 100\_40 bei 93 Prozent r.F. bei 70 °C gelagert. Vor und nach der Behandlung wurden Gewicht (Kern-Balance) und Kapazitäten (WayneKerr4300\_EMP) der A- und B-Typen gemessen.

Das Ergebnis: Die Kapazitätsänderungen für die beiden Kondensatoren-Modelle unterscheiden sich nach der 26-tägigen Behandlung nicht signifikant voneinander.



Abbildung 1: Die gegen Feuchtigkeit geschützten Kondensatoren eignen sich durch ihre spezielle Verkapselung besonders für den Einsatz in Offshore-Windkraftanlagen.

Es wurde kein Kapazitätsabfall beobachtet wie bei anderen Untersuchungen. Wahrscheinlich ist eine 26-Tage-Behandlung zu kurz, um Schäden an der Metallisierung der Elektroden zu beobachten. Daher setzt FTCAP die Erprobung des Alterungsprozesses fort.

Allerdings ist bei beiden Kondensatortypen eine deutliche positive Gewichtsveränderung zu beobachten, also die Kondensatoren waren nach dem Einsatz schwerer als vorher. Das ist deshalb interessant, weil eine positive Gewichtsveränderung unter diesen Umständen dem Eintrag von Wasser zugeschrieben wird.

Die Analyse der Gewichtszunahme der Kondensatoren nach der Prüfung zeigt, dass Kondensatoren des Typs A nach der Testperiode durchschnittlich 3 g wiegen, während die Kondensatoren des Typs B nur 0,3 g auf die Waage bringen.

### Lebensdauer auf hoher See verlängert

Insgesamt nahmen beide Modelle an Gewicht zu – die Standard-Ausführung allerdings um das Zehnfache mehr als die neue Lösung. Die spezielle Verkapselung der Kondensatoren reduziert demnach das Eindringen von Feuchtigkeit, was in einer längeren Lebensdauer und größeren Ausfallsicherheit auch unter extremen Einsatzbedingungen resultiert.

Abgesehen von den neuen feuchtigkeitsgeschützten Filmkondensatoren bietet FTCAP auch eine Reihe von weiteren Lösungen, die sich für den Einsatz in Windkraftanlagen eig-

nen. Zum Beispiel die bewährten Elko-Bänke: Bei diesen Lösungen werden mehrere Kondensatoren an einem Busbar-Anschluss kontaktiert. In dieses geschlossene System kann kaum Feuchtigkeit eindringen, sodass sich die Lebensdauer auch bei rauen Einsatzbedingungen, wie beispielsweise auf hoher See verlängert.

Anwender der Elko-Bänke profitieren aber auch von zahlreichen weiteren Vorteilen: Die komplett einbaufertigen Module stellen sich im Betrieb mit niedrigen Induktivitäten heraus und erleichtern dank der abgestimmten Bauhöhe die problemlose Kühlung der Kondensatoren.

Mit leichten Modifikationen ließen sich auch Hochleistungs-Power-Stacks in der Windkraft nutzen. FTCAP hat diese in Kooperation mit den Partnern Mersen und Agile-Switch entwickelt. Diese neuartigen Systeme vereinen Leistungsmodule, Busbars, Kondensatoren, Kühlvorrichtungen und Gate-Treiber in einer Einheit. Unter anderem wurde ein Modell für die Energiespeicherung entwickelt, das sich dank des flexiblen Gesamtkonzepts ganz einfach an verschiedene Anwendungen anpassen lässt.

Generell bleibt man im Hause FTCAP kontinuierlich am Ball, sodass die Forschungen und Entwicklungen immer weiter gehen: Derzeit erforscht das Husumer Unternehmen im Rahmen des „Innovationscluster Leistungselektronik für regenerative Energieversorgung“ auch Filmkondensatoren mit einem neuen Hochtemperatur-Dielektrikum für das gesteckte Ziel: verlängerte Lebensdauer. □

# EMBEDDED-SYSTEME & MICROCONTROLLER



BILD-SPONSOR: TQ-SYSTEMS

**74 Im Rampenlicht**  
TQ-Systems

**76 Neue Technik braucht neue Speicher**  
Mark Patrick, Mouser Electronics

**79 Kompakte Industrie-PCs nach Maß**  
Peter Hoser, Fujitsu Technology Solutions

**82 Direkte Analyse im Fahrzeug**  
Christine Schäfer und Roland Peindl,  
B-plus

**85 Smarte USB-C Verbindung**  
Christian Eder, Congatec

**88 IIoT - Die Mischung macht's**  
Harald Maier, TQ-Systems

**91 Raue Umgebungen meistern**  
Maximilian Kolpak, MEN Mikro elektronik

**93 Rauschen senken, Kollision vermeiden**  
William G. Marshall, RS Components

**96 FPGAs auf dem Weg in die Cloud**  
Mark Patrick, Mouser Electronics

**99 Gateways für IoT und Industrie 4.0**  
Konrad Zöpf, TQ-Systems

**101 One for all alias USB-C**  
Richard Pinnow, Data Modul

# IM RAMPENLICHT

Die Embedded-Module von TQ-Systems zeichnen sich durch eine hohe Zuverlässigkeit sowie Architekturvielfalt aus. Die Stärken der einzelnen Architekturen werden von dem Technologie-Unternehmen optimal ausgebaut. Somit profitieren Kunden von langzeitverfügbaren, zukunftsgerichteten und leistungsfähigen Plattformen.

TEXT: TQ-Systems BILDER: Dominik Gierke

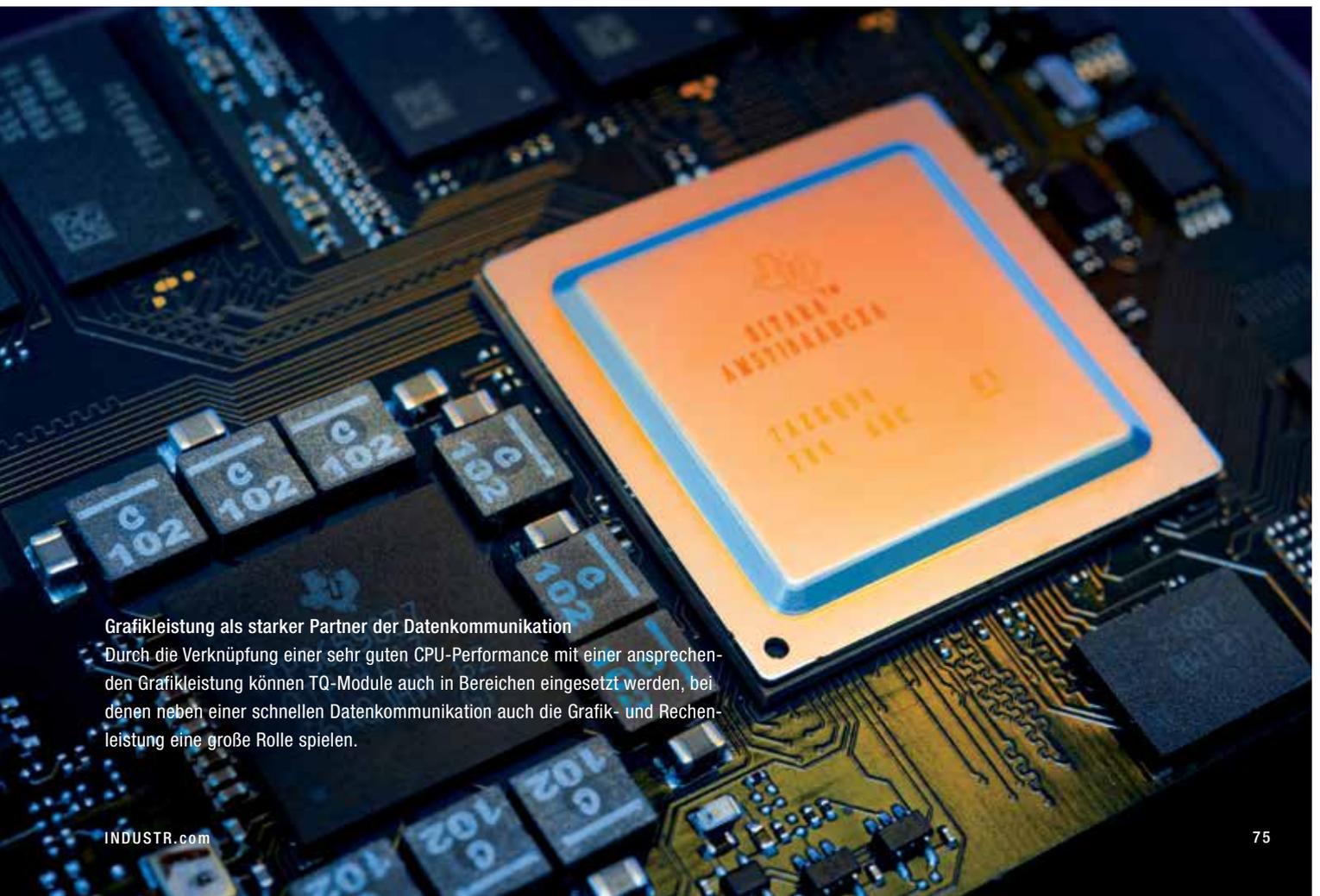


## Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Ob IIoT-Gateway, Bildverarbeitung oder Automatisierung – die TQ-Module eignen sich dank ihrer Schnittstellenvielfalt besonders für anspruchsvolle Anwendungen in den unterschiedlichsten Bereichen. Die Kombination aus schnellen Arbeitsspeichern, optimierten Kühlösungen und optionalen Schutzlackierungen eröffnen den widerstandsfähigen Modulen auch Anwendungsmöglichkeiten unter extremen Umweltbedingungen.

### Nachhaltig und Sicher auch in kritischen Anwendungen

Die TQ-Module zeichnen sich durch ihre Langlebigkeit aus und sorgen für hohe Sicherheit. Somit sind sie auch für sicherheitskritische Anwendungen geeignet. Mit dem Industriedesign wird sichergestellt, dass die Module während des gesamten Lebenszyklus zuverlässig funktionieren. Durch die Hauseigene Produktion wird eine hohe Fertigungsqualität sichergestellt.



### Grafikleistung als starker Partner der Datenkommunikation

Durch die Verknüpfung einer sehr guten CPU-Performance mit einer anspruchsvollen Grafikleistung können TQ-Module auch in Bereichen eingesetzt werden, bei denen neben einer schnellen Datenkommunikation auch die Grafik- und Rechenleistung eine große Rolle spielen.

# NEUE TECHNIK BRAUCHT NEUE SPEICHER

Moderne Technologien ändern den Entwurf eingebetteter Echtzeitsysteme von Grund auf. Zu diesen zählen das Internet der Dinge (IoT), künstliche Intelligenz (KI) und Augmented Reality (AR). Sie alle haben eines gemeinsam: Sie nutzen zunehmend verteilte Systeme und erfordern angesichts der Datenmenge eine hohe Rechenleistung.

TEXT: Mark Patrick, Mouser Electronics BILD: Mouser Electronics

Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen erfordern Echtzeitsysteme, die auf solchen Technologien basieren, differenzierte Entwicklungsansätze. Edge-Geräte wie IoT-Sensorknoten und Gateways erfordern einen möglichst stromsparenden Betrieb. Doch nicht nur in diesem Bereich ist Energieeffizienz wichtig. Neben der Bereitstellung von leistungsstarker Grafik und schneller Reaktion auf Bewegung müssen auch AR-gestützte Systeme, wie Head-up-Displays für Maschinenbediener, so viel Energie wie möglich sparen, um die Lebensdauer von Batterien zu optimieren und zu verhindern, dass Head-Mounted Displays zu warm werden. Und auch vielseitig einsetzbare Roboter auf Basis von KI müssen ohne ständigen Stromanschluss auskommen.

## Lösungsansatz: Cloudlets

Durch verteilte Verarbeitung kann intensive Rechenarbeit in die Cloud ausgelagert werden, um die eingebetteten Systeme zu entlasten. Für Reaktionen in Echtzeit sind jedoch geringe Latenzen erforderlich. Anwendungen wie Bewegungssteuerung und AR werden durch lange Verzögerungen zwischen Eingabe und Reaktion beeinträchtigt. Eine mögliche Lösung ist die Implementierung von Edge-Computing-Servern oder Cloudlets – effizienten Server-Blades, die sich selbst relativ nah am Edge-Gerät befinden.

Um Echtzeitanwendungen zu unterstützen, können solche Cloudlets innovative Speichertechnologien nutzen und die Echtzeitanforderungen ihrer Clients besser erfüllen als

traditionelle Server-Designs. In der Vergangenheit mussten Ingenieure bei der Integration von großen Speichern in Echtzeit-Computersysteme zwangsläufig zwischen Leistung und Persistenz wählen. Für die Speicherung großer Mengen von Daten in der Nähe des Prozessors ist DRAM zwar kosteneffektiv, bietet jedoch nur eine flüchtige Speicherung. Um sicherzustellen, dass Daten nicht verloren gehen, zum Beispiel aufgrund von Unterbrechungen der Stromversorgung, was in Edge-Knoten leicht vorkommen kann, müssen Daten häufig in persistente Speicher kopiert werden, deren Zugriffszeiten oft sehr viel länger sind.

## Einsatz überlegener Speicher

Der Umstieg von rotierenden Laufwerken auf Flash-Speicher für größere Anwendungen hat die Lesezugriffszeiten bereits enorm verbessert. Doch Flash-Speicher bringen weiterhin Schwächen in Bezug auf die Schreibleistung mit sich. Das Löschen und Neuschreiben von Daten von und auf Flash-Speicher, erfordert mehrere Zyklen, in denen Hochspannungsimpulse an die Zielspeicherzellen gesendet werden. Das ist sowohl mit Zeit- als auch Energieaufwand verbunden, was Systementwickler möglichst vermeiden möchten. Speichertechnologien der nächsten Generation sind die Flash-Speichern in Bezug auf Schreibzeiten und Energieanforderungen überlegen. Zu diesen Technologien zählen ferroelektrische Speicher, Phase Change Memory (PCM), Magnetic Random-Access Memory (MRAM) und Resistive Random-Access Memory (ReRAM). Ingenieure können Geräte auf Basis dieser Technologien in neuartigen



Abbildung 1: Für die Mikrocontroller der MSP430-Reihe werden ferroelektrische Speicher verwendet.

Speicherhierarchien einsetzen, um die Kosten zu optimieren, die Ausfallsicherheit zu steigern und Echtzeitreaktionen zu verbessern.

### Das Material ist entscheidend

PCM wurde bereits in den 1970ern als Speichertechnologie eingeführt und nutzt die gleichen Chalcogenidmaterialien wie wiederbeschreibbare optische Laufwerke. Eine nützliche Eigenschaft der Chalkogenide ist ihre Reaktion auf Wärme. Hochstromimpulse schmelzen das Material, und wenn es schnell abgekühlt wird, geht es in einen resistiven amorphen Zustand über. Dieser amorphe Zustand kann mit einer geringen Menge an Wärme in eine kristalline Form mit sehr viel höherer Leitfähigkeit umgewandelt werden. Auf Basis dieser Änderung der Eigenschaften können Ausleseschaltungen die Widerstands-Differenz zwischen Zellen in Form von Einsen und Nullen interpretieren.

In Bezug auf den Wechsel zwischen hochohmigem und niederohmigem Zustand weist ReRAM das gleiche Verhalten wie PCM auf, nutzt jedoch andere Materialien. In der Regel entstehen durch die Ionenbewegung innerhalb der Zelle unter dem Einfluss von Stromimpulsen leitende Fasern. Reset-Impulse unterbrechen diese Fasern und erhöhen so den Widerstand erheblich. Ein Vorteil von ReRAM ist die Vielzahl an möglichen Materialien. So können Hersteller Speicherlösungen mit unterschiedlich starker Ausfallsicherheit und unterschiedlichen Speicherzeiten produzieren.

### Struktur moderner Speichertechnologien

Obwohl diese Speicher Stromimpulse verwenden, ist die erforderliche Gesamtladung zur Programmierung einer Zelle sehr viel niedriger als bei Flash-Speichern. In modernen Speichern benötigt ReRAM weniger Energie zum Schreiben als PCM. Die Schreibzeiten beider Technologien sind jedoch vergleichbar. PCM ist ausfallsicherer als ReRAM. Zudem ist PCM bereits weiter entwickelt. Experten sind der Meinung, dass sowohl PCM als auch ReRAM auf lange Sicht besser skalierbar sind als Flash-Speicher und diese früher oder später vollständig ablösen werden.

Ferroelektrische Speicher und MRAM basieren auf den Spin-Eigenschaften von Elektronen. Der Spin kann mit sehr wenig Energie durch eine Spin-Ventil-Struktur gesteuert werden – ähnlich wie in hochdichten Leseköpfen magnetischer Festplatten. Bei MRAM besteht dieses Spin-Ventil aus Materialschichten in einem Durchgang zwischen zwei metallischen Verbindungsleitungen auf der Oberfläche eines integrierten Schaltkreises (IC). Das Ventil ändert den Widerstand des Durchgangs auf Basis der Spin-Zustände der verschiedenen Materialien.

Diese ferroelektrischen Speicher sind bereits seit mehreren Jahrzehnten verfügbar, jedoch in geringeren Dichten als für die widerstandsbasierten Speicher vorgesehen. Ferroelektrische Speicher erfordern sowohl einen Kondensator als auch einen Transistor auf der Wafer-Basissschicht. Alle anderen Speicher-

technologien nutzen die metallischen Verbindungsschichten und können für eine höhere Integration gestapelt werden.

## Energieeffizienz mit ferroelektrischen Speichern

Ein wichtiger Vorteil ferroelektrischer Speicher liegt in der Verwendung von Materialien, die bei einem angelegten elektrischen Feld in zwei verschiedene Richtungen polarisieren. Diese Polarisierung erfordert sogar noch weniger Energie als MRAM. Ferroelektrische Speicher eignen sich damit für äußerst energieeffiziente Systeme.

All die neuen Speichertechnologien teilen ein potenzielles Problem: Sie bieten weniger Kosteneffizienz und Dichte als Flash-Speicher, die mittlerweile auch in 3D-Ausführung produziert werden. In der Praxis stellt die Dichte weder für Cloudlets noch für Edge-Geräte ein großes Problem dar, da diese Speicher als Grundlage für persistente Caches dienen können.

## Permanent vs. persistent

Dank den energiesparenden Eigenschaften und den kurzen Schreibzeiten der neuen Speicher können Anwendungen wichtige Daten in den persistenten Cache kopieren. Datenobjekte, die permanent gespeichert werden müssen, können von dort auf Flash- oder Festplattenspeicher übertragen werden. Es ist jedoch nicht mehr nötig, Daten kontinuierlich auf Flash-Speicher oder Festplatten zu übertragen, nur um sicherzustellen, dass wichtige, aber kurzlebige Daten nicht verloren gehen.

Wenn das System neu gestartet wird, kann es seinen Zustand durch das Kombinieren von Daten in den permanenten und persistenten Arrays wiederherstellen. Aufgrund sinkender Kosten und steigender Leistung werden MRAM, PCM oder ReRAM nach und nach DRAM ersetzen und so eine Architektur schaffen, in der nur die Caches auf dem Prozessor über eine flüchtige Speicherarchitektur verfügen, wie SRAM.

## Batterie wird nicht mehr benötigt

Persistente Speichertechnologien sind nicht auf Cloudlets und Hochleistungssysteme beschränkt. Die Verwendung ferroelektrischer Speicher in der Mikrocontroller-Produktreihe MSP430 von Texas Instruments zeigt, dass sie auch in IoT-Edge-Knoten wie Sensoren zum Einsatz kommen. Viele IoT-Anwendungen stützen sich neben einem integrierten Akku zumindest teilweise auf Energy Harvesting. Einige verzichten sogar vollständig auf eine Batterie.

Das Problem von Energy Harvesting liegt in der Zuverlässigkeit. In einigen Fällen, wie der Aufnahme von Schwingungsenergie bei viel genutzten Industriemaschinen, ist die Energiequelle berechenbar. Doch oft kann das System selbst bei Einsatz eines Superkondensators als Energiereservoir kurzzeitig über zu wenig Energie verfügen und muss gegebenenfalls abgeschaltet werden. Wenn genug externe Energie bereitsteht, kann es den normalen Betrieb wieder aufnehmen.

## Daten vor Ausfällen schützen

Dank der ferroelektrischen Technologie kann der Mikrocontroller gewährleisten, dass Daten auch bei unerwarteten Energieausfällen dauerhaft gespeichert werden – ohne zusätzlichen Energieaufwand und auch bei häufigen Schreibvorgängen.

Anwendungsbereiche wie das Internet of Things, Künstliche Intelligenz und Augmented Reality verändern die Architektur von Echtzeitsystemen. Innovative Speichertechnologien können diesen neuen Anforderungen jedoch entsprechend gerecht werden. So bilden MRAM, PCM, ReRAM und ferroelektrische Speicher die Grundlage für die Entwicklung kosteneffizienter und reaktionsstarker Systemdesigns.

Weitere Informationen zu Mouser Electronics finden Sie im Business-Profil auf Seite 38.

# KOMPAKTE INDUSTRIE-PCS NACH MASS

Höhere Leistung auf immer kleinerem Raum – die zentralen Anforderungen an Industrie-PCs. Solche Systeme im Do-it-Yourself-Verfahren zusammenzustellen, ist aufwändig und riskant. Eine Alternative bieten zertifizierte IPC-Bausätze.

**TEXT:** Peter Hoser, Fujitsu Technology Solutions **BILDER:** Fujitsu Technology Solutions

Die Nachfrage nach Industrie-PCs (IPCs) ist ungebrochen. Dies habe mehrere Gründe, so das Marktforschungsunternehmen Markets and Markets. So etabliert sich das Internet der Dinge (IoT) verstärkt in Bereichen wie der Fertigung. Zudem spielen IPCs in Industrie 4.0-Umgebungen, im Handel und im Digital-Signage-Bereich eine zentrale Rolle. Die Folge ist, dass laut Markets and Markets der weltweite Umsatz mit IPCs jährlich um mehr als sechs Prozent steigt und 2022 ein Volumen von 4,2 Milliarden Dollar erreichen wird.

## Effizient mit Standardkomponenten

Doch der Bau von Industrie-PCs ist äußerst anspruchsvoll. Die Kundenanforderungen im Hinblick auf die Bauform, sei es als Panel, Rack oder boxed IPC und Abmessungen, Rechenleistung, Kühlösung, die Umgebungsbedingungen, Ausbaufähigkeit und Schnittstellen aber auch Zielkosten variieren enorm. Damit verteilt sich das große und stetig wachsende Markt-Volumen auf sehr viele unterschiedliche Produkte. Abhängig von der Wirtschaftlichkeit greifen Hersteller im einfachsten Fall auf Standardkomponenten zurück. Diese Standardkomponenten sind in der Regel kostengünstig. Zudem lassen sich Systeme auf diese Art sehr schnell realisieren. Dafür müssen Nutzer aber häufig Kompromisse hinsichtlich Design, Abmessungen und Funktionalität in Kauf nehmen. Insbesondere bei kleinen und kompakten Geräten scheitert die Zusammensetzung von sogenannten off-the-shelf-Komponenten häufig schon an der mechanischen Kompatibilität. Zudem bedeutet die Koordination von vielen unterschiedlichen Lieferanten eine gewisse

Herausforderung an die Beschaffung der Komponenten sowie an das Lifecycle-Management.

Bei komplexen Anwendungen werden Industrie-PCs auch komplett oder in überwiegenden Teilen in Eigenregie entwickelt. Damit lässt sich ein System exakt auf den jeweiligen Einsatzzweck zuschneiden und die Komponenten können optimal aufeinander abgestimmt werden. Allerdings sind solche Maßanfertigungen äußerst kostspielig und auch die Entwicklungszeit samt Erstellung von Werkzeugen und Fertigungsmitteln ist länger.

## Zertifizierungen, Normen und Tests

Ein Manko, das beide Ansätze aufweisen: Die Systeme müssen geltende Normen und Zertifizierungen erfüllen. Zudem muss die Zuverlässigkeit für die gegebenen Kundenanforderungen durch Tests nachgewiesen werden. Denn selbst wenn auf Standardkomponenten, welche einzeln die benötigten Zertifizierungen besitzen, zurückgegriffen wurde, bedeutet das nicht, dass das Komplettsystem diese ebenso erfüllt. Zertifizierungen müssen unter anderem in den Bereichen elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Produktsicherheit und Energieeffizienz vorliegen. Weitere Spezifikationen betreffen die Umweltverträglichkeit sowie die Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und Vibrationen. In der Europäischen Union müssen IPCs mit einer CE-Kennzeichnung versehen sein sowie diverse DIN- und EN-Normen erfüllen. Hinzu kommen häufig länderspezifische Zulassungen und Zertifizie-



Abbildung 1: Zertifizierte IPC-Bausätze wie die Smartcases von Fujitsu machen es einfach, einen Industrie-PC nach Maß zusammenzustellen. Zum Beispiel mit einem Mainboard im Format Mini-STX, welches sich für kompakte Industrie-PCs eignet.

rungen wie UL, CSA, FCC oder CCC. Ist das nicht der Fall, haftet nicht nur der Hersteller eines solchen Systems, sondern auch der Nutzer. Das ist beispielsweise dann der Fall, wenn durch einen nicht zugelassenen IPC ein Mitarbeiter zu Schaden kommt. Hinzu kommt ein erhöhtes Risiko, dass ein solches System ausfällt und Produktionsabläufe stört.

## Hoher Test-Aufwand

Die Zuverlässigkeit eines Systems wird im ersten Schritt durch umfangreiche Funktionstests überprüft. Dabei kommt es auf eine saubere Implementierung sämtlicher Funktionen, wie unter anderem die Grafik, USB, COM, PCI/PCIe, aber auch ein einwandfreies Zusammenspiel aller Komponenten wie Mainboard, RAM, HDD/SSD und PSU, an. Für die Prüfung der Systemstabilität bieten sich neben Dauer- und Stress-tests auch Reboot-Tests an.

Betrachtet man lediglich das Thema Umgebungseinflüsse, welche in der DIN 60068-2 geregelt sind, wird schnell klar, wie aufwändig so ein Test sein kann. Hierbei muss gewährleistet sein, dass ein System und damit all dessen Komponenten im Dauerbetrieb zuverlässig funktionieren, wenn die Umgebungstemperatur dauerhaft bei beispielsweise 50 °C liegt. Um das sicherzustellen, muss der Hersteller eines IPC eine aufwändige Erprobung in einer Klimakammer durchführen. Dabei wird unter anderem ermittelt, ob Bauteile wie Prozessor, Kondensatoren, Spannungswandler und Controller ausreichend gekühlt werden. Hierzu ist es zwingend erforderlich, die Grenzwerte aller temperaturempfindlichen Bauteile zu kennen. Die Temperaturverträglichkeit nur mit einem Funk-

tionstest zu prüfen, ist nicht zielführend, da die Aussagekraft eher als eine Momentaufnahme zu bewerten ist. Sie kann somit nicht als Ableitung für den Dauerbetrieb dienen. Weitere Tests hinsichtlich Umgebungsbedingungen betreffen unter anderem Erschütterungen und Vibrationen, Luftfeuchtigkeit und Schadgas.

## Lösung: Zertifizierte IPC-Baukästen

Es liegt auf der Hand, dass solche Zertifizierungen und Testläufe nur für einen Bruchteil der Anbieter und Nutzer von IPCs erschwinglich sind. Einen Ausweg bieten allerdings Bausätze für Industrie-Rechner wie die Smartcase Lösungen von Fujitsu. Diese Bausätze bestehen zunächst einmal aus Gehäuse, Mainboard, Kühlungslösung, Stromversorgungen, Wifi/BT-Lösungen und haben unzählige, diverse Erweiterungsmöglichkeiten.

Sie ermöglichen es Anbietern und Nutzern von IPCs, mit gut überschaubarem Aufwand Industrie-Rechner und boxed IPCs zusammenzustellen, welche sich flexibel an jedes Einsatzgebiet anpassen lassen. Ein wesentlicher Vorteil solcher Baukästen: Die Komponenten sind optimal aufeinander abgestimmt und der Anbieter hat für die Bausätze auf Systemebene die wichtigsten Zertifizierungen bereits durchgeführt.

## Kühlung unter erschwerten Bedingungen

Besonders heikel ist bei einem IPC die Frage der Kühlung der einzelnen Komponenten. Zum einen, weil solche Industrie-Computer-Systeme oft in Umgebungen mit hohen Umge-

Abbildung 2: Die Rückseite des Smartcase offenbart die gewünschten Schnittstellen.



bungstemperaturen zum Einsatz kommen. Zum anderen erschwert der kompakte Aufbau solcher Systeme die Kühlung. Bausätze für IPCs stellen daher unterschiedliche Kühlkonzepte zur Verfügung. Eine passive Kühlung verwendet Kühlplatten und Heat Pipes.

Solche lüfterlosen Industrie-PCs sind robust, sie eignen sich vor allem für Umgebungen, in denen Spritzwasser und Staub an der Tagesordnung sind. Allerdings sollten IPC-Kits auch den Aufbau von Industrierechnern mit einer aktiven Kühlung ermöglichen, also mit Lüftern.

Vor allem Industrie-PCs, bei denen Grafikkarte und Prozessor eine verhältnismäßig hohe Abwärme produzieren, benötigen eine aktive Kühlung.

### Wenig Strom gleich wenig Wärme

Gerade im Zusammenhang mit diesen Umständen empfiehlt sich ein Blick auf die unterstützten Temperaturbereiche und Stromverbrauchswerte, die der Anbieter eines IPC-Kit angibt. Als Faustregel gilt: Je geringer der Strombedarf, desto niedriger fällt auch die anfallende Wärme aus.

Zudem sollten die Bestandteile eines Baukastens für IPCs ausschließlich mit ICs bestückt sein, die für eine Dauerlast unter hohen Temperaturen ausgelegt sind. Das gilt besonders für Kondensatoren und Quarze sowie die Pufferbausteine für die RS-232-Schnittstellen. Anbieter, die an dieser Stelle sparen wollen, nehmen eine höhere Ausfallquote der ICs und damit jeder einzelnen Systemkomponente in Kauf.

### Schnittstellen für jeden Zweck

Auch bei den verfügbaren Schnittstellen sollte ein IPC-Bausatz dem Nutzer eine möglichst große Auswahl bieten. Wichtig sind bei Industrial PCs beispielsweise COM-Schnittstellen wie RS-232 und Grafik-Interfaces wie DVI und Embedded Display Port. Noch flexibler sind Kits, die Riser-Karten mit einer PCIe-Schnittstelle kombinieren. Damit kann ein Systemdesigner beispielsweise eine Grafikkarte oder einen Wireless-LAN-Adapter in einen Industrie-PC integrieren. Auch hier gilt, dass der Anbieter für alle Interfaces und Erweiterungskarten die Garantie dafür übernimmt, dass diese für bestimmte Temperaturbereiche ausgelegt sind und die gängigen CE- und DIN-/EN-Vorgaben einhalten.

### Minimierter Platzbedarf

Zum Abschluss des Beitrages ein Blick auf die Größenformate, die ein IPC-Baukasten unterstützen sollte. Während für größere IPCs im 19-Zoll-Rackformat mit zwei, beziehungsweise vier Höheneinheiten oder die aus dem Desktopbereich üblichen  $\mu$ ATX-Tower-Formate ausreichend Gehäuse- und Kühllösungen zur Verfügung stehen, wird die Auswahl bei kleineren Formaten wie Thin-ITX, 3,5 Zoll oder Mini-STX immer geringer.

Der Platz hat sich mittlerweile auf ein Volumen von unter 0,9 Liter minimiert. Diese Anforderung erschwert es, mechanisch und thermisch kompatible Komponenten – vorwiegend Mainboard, Kühler und eventuell Netzteil – zu finden. Gerade hier spielen aufeinander abgestimmte Bausätze ihre Stärke aus. □

## DIREKTE ANALYSE IM FAHRZEUG

Die DataLynx-Familie von B-Plus bekommt mit dem ATX3 Zuwachs. Dieser ist für die Entwicklung von Algorithmen und Künstlicher Intelligenz, für autonomes Fahren geeignet. Der 19-Zoll-Server bietet Sensoren die Möglichkeit der Aufnahme und Analyse großer Datenmengen auf einer High-Performance-Computing-Plattform. Somit ist die zeitnahe Gestaltung einer Testumgebung für Steuergeräte und Sensoren möglich.

**TEXT:** Christine Schäfer und Roland Peindl, beide B-plus **BILDER:** B-plus

Die Produktfamilie DataLynx ermöglicht dabei domänenübergreifende Tests, etwa bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, autonomen Fahrfunktionen oder künstlicher Intelligenz und wird bereits von großen OEMs und Tier1s sowohl für Live-Testfahrten als auch für Laborzwecke eingesetzt.

Mit flexiblen High Performance Computing Plattformen direkt im Fahrzeug können Tests aufgrund sehr hoher Rechenleistung noch schneller durchgeführt werden. Für die Fahrzeugentwicklung, die eine Vielzahl an abzusichernden Szenarien insbesondere bei Fahrerassistenzsystemen oder automatisierten Fahrfunktionen testen muss, bedeutet der Einsatz eines derart flexiblen Systems eine Verkürzung der Anschaffungs- und Entwicklungszeit.

Der neue Fahrzeugcomputer für autonome Anwendungen kombiniert zwei Intel Xeon Prozessoren mit bis zu 7 PCIe Erweiterungen. Platz für bis zu 18 2.5 Zoll Speichermedien sowie 768GB RAM vervollständigen die Einstufung in die Server Klasse. B-plus bietet damit ein Car-PC-System zur größtmöglichen Verarbeitung der Rohdaten von Kamera, Radar und Lidar sowie ganze Sensor-Fusionen in Echtzeit und vereint Rechenleistung, Datenverarbeitung und Speicherkapazität in einer möglichst kompakten, robusten Lösung, die rauen Umgebungsbedingungen, Schlagbelastungen und extremen Temperaturen standhält. In Kombination mit einer für diese Leistungsklasse entwickelten Kurzzeit-USV bietet der ATX3 volle Leistung bis zu einer Umgebungstemperatur von 60°C im automobilen Umfeld.

### Besondere Stromversorgung des DataLynx ATX3

Der DataLynx ATX3 zeichnet sich gegenüber den Mitbewerbern vor allem durch die besondere Stromversorgung und die USV aus, die nach Anforderungen der LV124-Spezifikation entwickelt wurde. Weil die übliche Stromversorgung in einem Automobil keine Konstante bildet, kann der DataLynx ATX3 auch bei Spannungsunterbrechungen, Unterspannungen und Überspannungen ohne externe Schutzmaßnahmen betrieben werden. Die Anbindung an eine zusätzliche USV ist somit nicht mehr nötig, ebenfalls entfällt die Verwendung von zusätzlichen Stützbatterien oder externen Spannungswandlern. Die interne Spannungsversorgung ist bis zu einer Leistung von 850W ausgelegt und kann somit neben zwei High-End Xeon CPUs auch bis zu zwei Grafikkarten jeder Leistungsklasse betreiben. Für die auf Microcontroller basierte USV erhält der Entwickler zusätzlich eine Konfigurationssoftware, welche neben Temperaturüberwachung, Lüftersteuerung und Statusinformationen zu System und integriertem Akku auch die Anpassung des USV Verhaltens erlaubt. Beispielsweise kann hier konfiguriert werden, ob bei Spannungsausfall ein geregeltes Herunterfahren zur Datensicherheit oder ein möglichst langes Loggen für ein höheres Datenvolumen wichtiger ist.

### Robuste Lösung für direkten Einsatz im Auto

Die mechanische Belastung, die üblicherweise durch große Kühlkörper auf CPU und Mainboard lastet, ist dank der kom-



Abbildung 1: Der im Fahrzeug verbaute ATX3 auf der Messe-Ausstellung EcoSysHaf in Lindau.

pakten Form einer Flüssigkühlung viel geringer und ermöglicht somit eine äußerst effiziente Kühlung auch bei erhöhten Vibrationsanforderungen. Die stabilisierte und vielfach getestete Gehäusekonstruktion fixiert weiterhin alle verbauten Komponenten, um bewegliche Teile, wie beispielsweise Kabel, auf ein Minimum zu reduzieren und jegliche Art von Erweiterungen mechanisch zu stabilisieren.

Der speziell für das System angepasste Kühlkreislauf verwendet ein bis zu  $-35^{\circ}\text{C}$  geeignetes Kühlmittel und sorgt für die nötige Kühlung der beiden Xeon Prozessoren. Darüber hinaus kann der Kühlkreislauf applikationsspezifisch auch um weitere Komponenten, wie Grafikkarten, und um Anschlüsse für externe Zusatzkühler erweitert werden. So kann etwa ein Großteil der Abwärme des Systems direkt aus dem Kofferraum transportiert werden. Verschraubung aller Komponenten des Kühlkreislaufs, zusätzliche interne Fixierungen und hochwertige Materialien garantieren zudem einen sicheren Betrieb.

### Anwendung 1: Rohdaten-Recorder vor der Algorithmus-Entwicklung

Wann braucht die Entwicklung so einen Dual-CPU Car-Server? Bereits vor dem Beginn einer Algorithmus-Entwicklung müssen große Mengen an Rohdaten eingefahren werden. Dies wird üblicherweise mit performanten Logging-Systemen realisiert, welche über langfristige Testfahren Bus- und Sensordaten zeitsynchronisiert aufnehmen. Für bestimmte Sze-

narien ist neben diesem langfristigen, zeitsynchronen Logging auch die reine kurzzeitige Erfassung von Rohdaten mit extrem hohen Datenraten von Nöten. Aufgrund der sehr hohen Rechenleistung des ATX3 und aktuellster NVMe-SSD Lösung, mit bis zu 2,2GB/s Schreibrate je SSD, kann für solche Kurzaufnahmen eine extreme Geschwindigkeit bei der Aufzeichnung von Rohdaten erzielt werden. Benötigt werden diese Aufnahmen beispielsweise bei Wiederholungen einer bestimmten Kurzstrecke, indem nur diese eine Situation benötigt wird.

### Anwendung 2: Basis für Steuergeräteentwicklung autonomer Systeme

Des Weiteren braucht man diesen Dual-CPU Car-Server als Steuergeräte-Prototyp, welchen man in ein Fahrzeug verbaut, bevor die eigentliche Steuergeräte-Hardware entwickelt wurde. Dadurch kann man neue Funktionen früh in der Entwicklungskette live im Fahrzeug testen und mit realen Umweltbedingungen konfrontieren. Für das Erreichen eines sicheren, autonomen Fahrzeugs sind frühzeitige Validierungsphasen besonders bei der Algorithmik-Entwicklung aber auch bei der Künstlichen Intelligenz so relevant wie noch nie. In der Realität eines Entwicklers geht es nicht nur darum einen neuen Sensor zu entwickeln, es geht darum bereits vor dem Start einer Entwicklung das Funktionieren einer Idee zu präsentieren. Das dient vor der Umsetzung eines Projekts oft als Entscheidungsgrundlage für eine größere Investition. Für die Verarbeitung solcher Funktionen benötigt es allerdings meist eine sehr hohe Rechenleistung.



Abbildung 2: Der HPC DATALynx ATX3 mit dem Storage Add-On.

Selbst wenn man sich für die Umsetzung eines Projekts entschieden hat, müssen Funktionen erst mal im Labor simuliert und getestet werden. Auch wenn der Algorithmus noch nicht vollständig implementiert und getestet wurde, verlangen Leitungspositionen bereits die Vorstellung der Funktion auf dem Markt. Dabei müssen Teilfunktionen für Präsentationszwecke wie beispielsweise für Messen oder Kundenvorstellungen aufbereitet werden. Wenn allerdings noch kein Steuergerät vorhanden ist, funktioniert dies mit so einem Dual-CPU Car PC. Dieser kann in ein Messe- oder Testfahrzeug eingebaut werden und bereits vor dem Seriensteuergerät Teilfunktionen darstellen und präsentieren. Bevor eine neue Funktion nun endgültig in die Serie eines Fahrzeugs integriert wird, muss die Anwendung auch beim Endkunden getestet werden. Hierfür werden ebenfalls einige Fahrzeuge mit so einem Car-Server ausgestattet. Erst wenn wirklich alle Stationen an Tests durchlaufen sind, wird die Algorithmus-Entwicklung beendet und an die Serienentwicklung zur Produktion eines neuen Steuergeräts weitergegeben.

Egal ob es sich bei der Verwendung des ATX3 um Grundlagenforschung der Algorithmik-Theorie oder um die Einführung einer Funktion oder sogar der Künstlichen Intelligenz in ein Serienfahrzeug handelt, die Optimierung des Algorithmus und seine anschließende Einbettung in das echte Automobilumfeld erfordert für die optimale Analyse ein Visualisierungsframework, welches den Entwickler unterstützt. Dieses Framework ist neben Standard-Visualisierungsmöglichkeiten komplett frei programmierbar und bietet somit jedem Entwickler die größtmögliche Flexibilität beim Programmieren ihrer neuen Software.

### Anwendung 3: Logger für die Datenverarbeitung bereits verbauter Steuergeräte-Prototypen

Für die letzte Absicherung in der Validierungsphase oder auch für die Weiterentwicklung eines Steuergeräts, kann der ATX3 ebenfalls als High-End Logger für Testfahrten eingesetzt werden. Er ist aufgrund der hohen Rechenleistung und sehr großen Speicherkapazität optimal für Testfahrten einzusetzen, kann sehr hohe Datenraten verarbeiten und lässt sich aufgrund des Systemkonzepts einfach in ein Fahrzeug integrieren. Die aufgenommenen Rohdaten können dabei entweder mittels bereits in Anwendung 2 genannten Visualisierungsframework live im Fahrzeug verarbeitet und analysiert werden und/oder anschließend für Hardware-in-the-Loop Simulationen verwendet werden. Neben einer reinen Aufnahme und Verarbeitung direkt im Fahrzeug können aber auch weitere Verfahren, wie das Live-Labeling, direkt im Fahrzeug durchgeführt werden.

Der Einsatz eines zuverlässigen High Performance Computer in der Funktionsentwicklung autonomer Systeme, ist einer der wichtigsten Faktoren bei der Bild- und Datenerfassung, Systemanalyse, Künstlichen Intelligenz sowie der neuen Mobilität. Statt offene Vermutungen auf das Verhalten eines neuen Algorithmus im Fahrzeug aufzustellen, können Entwickler anhand faktenbasierten Methoden Fehler auswerten, die Software weiter entwickeln und absichern.

Weitere Informationen zu b-plus finden Sie im Business-Profil auf Seite 16.

# SMARTE USB-C-VERBINDUNG

Der Platz bei Embedded-Designs, insbesondere bei mobilen SFF-Designs ist sehr beschränkt. USB-C bietet die Möglichkeit, über ein Kabel mehrere Funktionen auszuführen, das spart Platz. Aber was sind die Vorteile dieser neuen Möglichkeit und welche Fallstricke sollten Entwickler von Embedded Systemen vermeiden?

TEXT: Christian Eder, Congatec BILDER: Congatec

Das USB-C ist in der Lage, alle USB-Leistungsstufen, von 12 Mbit/s mit USB 1.0 bis zu 10 Gbit/s mit USB 3.1 Gen 2, über einen neuen symmetrischen Stecker zu liefern, der jetzt reversibel ist. Der neue USB-C-Standard bietet zudem auch mehr Signalleitungen für eine deutlich erweiterte Plug & Play-Funktionalität. Damit werden neue Anwendungsfälle für USB möglich, zum Beispiel ein All-in-One Touch-Display zu steuern oder eine Hochleistungs-Stromversorgung umzusetzen, mit der man Geräte mit bis zu 100 W bei 5 A Stromstärke und 20 VDC versorgen oder sogar laden kann. Dies gilt in beide Richtungen, also als Verbraucher oder Energiequelle.

Die erhöhte Multifunktionalität von USB-C kann die Schnittstellenanforderungen eines ganzen Systems vereinheitlichen und standardisieren in Folge dessen lässt sich die Anzahl und Vielfalt der verwendeten Schnittstellen reduzieren. Diese Vorteile sind sehr attraktiv für das Design von räumlich sehr beschränkten Systemen.

## Kosten reduzieren - Anforderungen erfüllen

Für Embedded Applikationen sind jetzt auch robuste und langfristig verfügbare Versionen auf dem Markt. Der Anwendungsfall ist hier mehr oder weniger gleich: Reduzierung der Kosten und Erfüllung so vieler Konnektivitätsanforderungen wie möglich mit einem universellen Steckertyp. Diese Konsolidierung zu einem einzigen Steckertyp ist in vielen Embedded Applikationen von Vorteil: für robuste mobile Geräte im Bereich Medical & Maintenance, für mobile Systeme für Services & Supervision sowie in portablen Systemen mit unterschiedli-

chen Einsatzorten. Aber auch stationäre Systemen, die darauf abzielen, einfachste Installationen mit universell anwendbaren smarten Konnektoren zu ermöglichen sind ein wichtiger Anwendungsfall.

## Herausforderungen von USB-C für Entwickler

Zunächst einmal ist es wichtig zu verstehen, dass USB-C im Grunde nur ein neuer Stecker ist, ohne spezifizierte Leistung oder Funktionen. Allerdings: Nur USB-C kann neben den USB-Signalen und Strom auch Grafik und Ton über ein einziges Kabel parallel transportieren – vorausgesetzt USB-C ist richtig implementiert und das ist keineswegs trivial, da sich USB-C stark von bisherigen US Implementierungen unterscheidet.

## Stromquelle oder Verbraucher?

So verfügt USB-C über 24 Lanes. Eine dieser Lanes ist dabei als Konfigurationskanal definiert, der erfasst, wie herum der Stecker in die Buchse gesteckt wird. Nur so kann das Hostgerät erkennen, welche Lanes verwendet werden sollen. Zudem können über USB-C nun bis zu 100 W elektrische Leistung transportiert werden. Auch können USB-C-Devices entweder als Stromquelle oder Verbraucher fungieren. In diesem Fall müssen Spannung und Strom aktiv zwischen Stromquelle und Verbraucher ausgehandelt werden. Das bedeutet, dass beide Geräte einen aktiven Mikrocontroller benötigen, um die Versorgungsspannung von 5V, 9V, 12V, oder sogar 20V und Maximalstrom, bis zu 5A, auszuhandeln.



Abbildung 1: Der USB-Typ-C-Stecker ist ein platzsparender reversibler Stecker mit 24 Pins. Die Buchse ist für 10.000 Steckvorgänge spezifiziert.

Für diese Power-Distribution (PD) werden aktive Controller benötigt. Referenzdesigns zeigen, dass manche PD-Controller eine bessere Funktionalität bieten und einfacher zu konfigurieren sind als andere. Die größte Herausforderung besteht darin, eine Programmierung zu implementieren, die alle Hardwareanforderungen fehlerfrei abdeckt.

### USB-Typ-C bietet alternative Modi

Als nächste Herausforderung bietet USB-C zudem verschiedene Alternate Modes an, bei denen die acht High-Speed-Pins und Side Band Lanes unterschiedliche Funktionen aufweisen. Diese sind spezifiziert als DisplayPort-Alternate-Mode (DP-Alt), MHL-Alternate-Mode, ein Mobile High-Definition-Link zur Übertragung von Audio- und Videosignalen, Thunderbolt-3-Alternate-Mode (TB-Alt) zur Übertragung von 4x PCIe Gen 3 und DisplayPort-Signalen sowie HDMI-Alternate-Mode (HDMI-Alt) zur Übertragung von HDMI 1.4b Video- und Audiosignalen.

Über einen Configuration Channel (CC) wird definiert, welcher Modus verwendet wird und welche Signale über die Daten-Lanes übertragen werden. Um festzulegen, welche Alternate Modes verfügbar sind, wird wiederum der USB PD-Mikrocontroller genutzt. Zudem müssen Entwickler auch auf das Signal-Routing auf ihrem PCB achten. Sie sollten ein Routing vermeiden, das elektrische Dämpfungen, Überlagerungen und Interferenzen erhöht. Aber auch die Sicherheit ist eine Herausforderung für USB-Verbindungen. Dieses könnte in Zukunft immer wichtiger werden, vor allem im Hinblick auf

die USB-C-Ladefunktion. Hier muss in Zukunft sichergestellt sein, dass ein USB-Ladegerät eben nur als Ladegerät fungiert und das Device nicht kompromittiert, indem es auch die Daten-Lanes verwendet. Diese Aufgabenstellung wird derzeit diskutiert; ein Mechanismus zur verschlüsselten USB-Authentifizierung über den PD-Bus und oder den USB-Datenbus ist seit Juli 2017 in der USB Authentication Specification definiert.

Darüber könnten Geräte Host-Devices sicherstellen, dass das Peripheriegerät auch genau das ist, als was es sich ausgibt. Es soll sichergestellt werden, dass ein Netzteil also wirklich ein Netzteil ist. So können auch Kameras für ein biometrisches Login oder USB-Speicherauthentifiziert werden.

### Der ideale Weg USB-C zu implementieren

Es zeigt sich vermehrt: Je smarter und einfacher nutzbar eine Schnittstelle ist, desto mehr Design-Aufwand und Intelligenz sind von Seiten der Entwickler gefragt. Schließlich wirft dies dann die Frage auf, wie Entwickler den Design-Aufwand für vollwertige USB-C-Implementierungen reduzieren können.

Am einfachsten wäre es natürlich, ein Embedded Board zu verwenden, das bereits eine vollständig integrierte USB-C-Implementierung bietet. Ein perfekter Start sind anwendungsfertige Motherboards und SBCs oder Computer-on-Modules mit entsprechenden Carrierboards, mit voll integrierter USB-C Funktionalität. OEMs und Entwickler können diese Optionen als anwendungsfertige Design-In-Lösung zur standardmä-

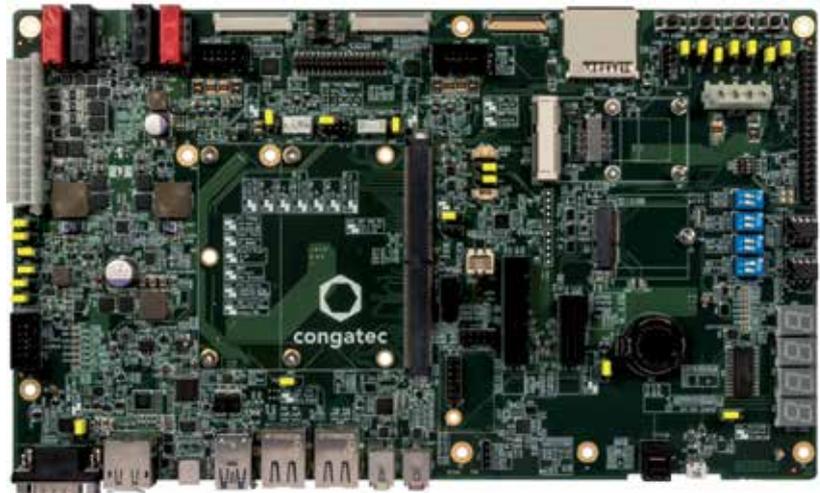


Abbildung 2: Das Smarc Carrier Board für Smarc-2.0-Module, mit Intel-Atom-C3000-Prozessoren, bietet USB-C-Konnektivität.

ßigen Evaluation dieser neuen Technologie nutzen. Um die Entwicklung kundenspezifischer USB-C-Implementierungen weiter zu vereinfachen, sollten OEMs darauf achten, dass der Lieferant ihrer Boards auf Anfrage auch alle verbauten und erforderlichen USB-C-Schaltpläne liefert.

Alternativ sollten sie auch Customization-Services bieten, wenn der Entwicklungsaufwand und die Time-to-Market beim OEM auf ein Minimum reduziert werden sollen. Es gibt mittlerweile bereits erste Referenzdesigns mit USB-C-Implementierungen für COM Express Computer-on-Modules mit Datenraten von bis zu 40 Gbit/s über Thunderbolt 3 für leistungsstarke Designs.

## Fazit

Jeder Entwickler, der sich nun nach all den Informationen immernoch fragt, ob USB-Typ-C denn auch für besonders robuste Applikationen geeignet ist, sollte sich daran erinnern, was bereits in der Vergangenheit gemacht wurde: Der Anschluss USB wurde in verschiedenen Konnektivitätsformaten verfügbar, von internen und externen Standardsteckern und -konnektoren bis zu MIL-spezifizierten M12-Konnektoren. Er wurde permanent entwickelt.

Damit können auch für den 24-Pin USB-Typ-C äußerst robuste Konnektivitätsoptionen zur Verfügung gestellt werden. OEMs sollten also evaluieren, welche Anforderungen sie in Sachen USB-C-Konnektivität haben, und gedanklich mit den verschiedenen Möglichkeiten spielen, bestehende Schnittstel-

len auf USB-C zu portieren. Passende Embedded Plattformen gibt es ja bereits. □



# 5 EURO RETTEN EINE BEDROHTE ART: DICH!

Der Amazonaswald beschützt auch unser Leben. Schützen wir ihn.

STOPP DEN  
WAHNSINN!  
SPENDE AUF  
WWF.DE

Geplante Gesetzesänderungen sollen die Schutzgebiete Amazoniens für Abholzung und Brandrodung öffnen. Jahrzehntelange Arbeit für die Regenwälder werden zunichte gemacht. Der WWF stemmt sich dagegen.

Unterstützen Sie den WWF bei seiner politischen Arbeit.  
WWF-Spendenkonto: IBAN DE06 5502 0500 0222 2222 22, BIC: BFSWDE33MNZ, Stichwort: Amazonas

## IIOT – DIE MISCHUNG MACHT'S

Zu Beginn des IoT-Zeitalters wurde propagiert, dass dieses hauptsächlich aus Internet-Konnektivität und Datenverarbeitung in der Cloud besteht. In der Umsetzung hat sich aber gezeigt, dass sich erfolgreiche industrielle IoT-Anwendungen aus einer ausgewogenen Mischung von Edge-, Fog- und Cloud-Computing zusammensetzen.

**TEXT:** Harald Maier, TQ-Systems **BILDER:** TQ-Systems

Es bedarf auf allen Ebenen, vom Sensor über die Datenverarbeitung vor Ort bis hin zur Cloud, eine passende Kombination und Leistungsfähigkeit hinsichtlich Kommunikation und Datenverarbeitung zu finden. So unterschiedlich hierbei die Aufgaben und Herausforderungen sind, so vielfältig sind auch die Lösungsansätze. Welche Rechner-Architektur ist nun also am besten für IoT geeignet? Und wie finde ich den passenden Prozessor?

Ein kurzer Architekturüberblick hilft, die generelle Positionierung der einzelnen Prozessorfamilien aufzuzeigen. Dabei geht es weniger darum, exklusive Alleinstellungsmerkmale zu finden. Vielmehr geht es zunächst um eine grobe Klassifizierung. ARM-Prozessoren basieren auf einer RISC-Architektur (Reduced Instruction Set Computing), die besonders im unteren Leistungssegment seine Stärken bezüglich Verlustleistungsoptimierung unter Beweis stellt. Sie punkten typischerweise auch durch ein umfangreiches Feature-Set, das meist sehr spezifisch auf bestimmte Anwendungen und Marktsegmente abgestimmt ist. Unterschiedlichste Derivate decken so eine Vielzahl von Applikationen ab ohne zusätzliche Controller oder Schnittstellen ergänzen zu müssen. Feldbuschnittstellen wie CAN gehören in vielen Fällen schon zur Standardausstattung.

Bei den QorIQ Layerscape-Prozessoren handelt es sich um Kommunikationsprozessoren, bei denen ARM-Cores mit zusätzlichen Co-Prozessoren, sogenannten QuickEngines,

kombiniert werden. Diese QuickEngines stammen aus den für Kommunikationsaufgaben optimierten Power-Architecture-Prozessoren von NXP und können beispielsweise für die besonders effiziente Vorverarbeitung von Netzwerkdatenströmen genutzt werden. Dadurch kann eine deutliche Entlastung der Kern-CPU erreicht werden. Diese Prozessoren bieten meist eine große Anzahl von unterschiedlichsten Kommunikationsschnittstellen.

### In rechenintensiven Anwendungen punkten

Die x86-Prozessoren haben ihre Wurzeln in der PC-Technik und punkten durch ihre CISC-Architektur (Complex Instruction Set Computing) besonders in rechenintensiven Anwendungen. Hier steht die Skalierung der Leistungsfähigkeit bei voller Softwarekompatibilität im Vordergrund. Bereits die Einstiegsklassen wie Intel Atom sind geeignet, um mehrere Applikationen gleichzeitig zu bewältigen. Diese sogenannte Workload-Consolidation wird besonders intensiv mit Prozessoren der High-End-Klasse genutzt, wodurch sogar mehrere Systeme in einem Gerät zusammengefasst werden können. Meist sind x86-Prozessoren auch mit leistungsfähigen Grafik-Controllern (GPU) ausgestattet. Diese werden nicht nur für typische Grafik-Anwendungen genutzt, sondern können auch im Bereich Bildverarbeitung und Vektorberechnung enorme Effizienzsteigerungen erreichen. Dieser erste Überblick zeigt, dass sich die einzelnen Architekturen im Allgemeinen sehr gut ergänzen anstatt in direkte Konkurrenz zu treten.

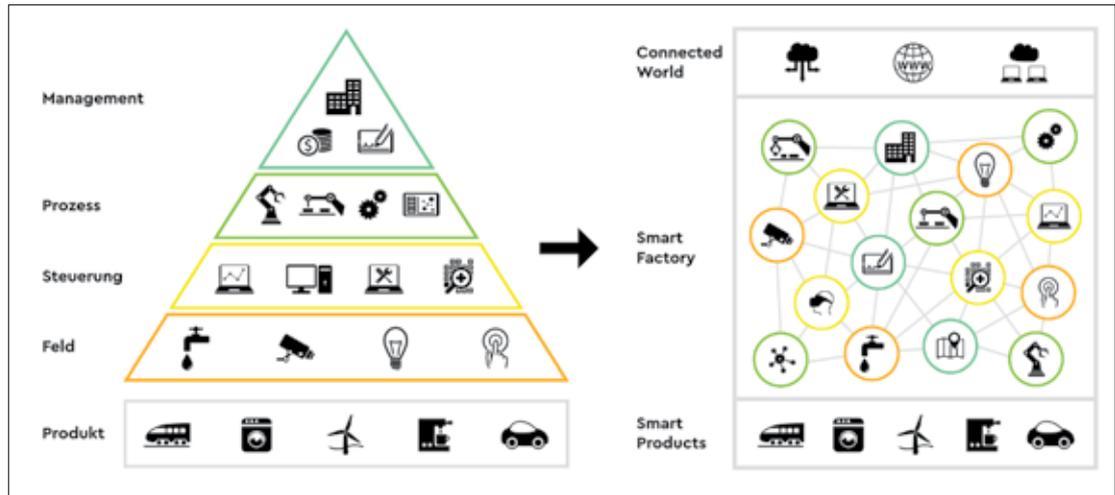


Abbildung 1: Der fließende Übergang vom intelligenten Gateway hin zum Edge- oder Fog-Server.

Die Betrachtung erinnert an die Darstellung, wie man sie auch von der klassischen Automatisierungspyramide her kennt. Hier gibt es eine klare Abgrenzung nach Feldebene mit Sensoren und Aktoren, der Steuerungsebene mit intelligenten Steuerungseinheiten, wie SPS, sowie den übergeordneten Leitebenen. Doch mit Industrie 4.0 und Industrial-IoT hat sich die Betrachtungsweise geändert. Hier geht es um Smart Devices, Smart Factory und Connected World, was oft auch durch die Schlagworte Edge-, Fog- und Cloud-Computing ausgedrückt wird. Es vermischen sich Aufgabenschwerpunkte, Leistungsfähigkeit und Konnektivität.

## Intelligenz und Power

Sensoren und Aktoren werden immer intelligenter. Für die Erfassung von analogen Werten oder digitalen Signaleingängen wird in der Regel kaum Rechenleistung benötigt. Durch die direkte Einbindung in Netzwerke, werden Aspekte wie Security und die Kommunikation mit unterschiedlichsten Gegenstellen immer wichtiger, was auch zu höheren Anforderungen an den Prozessor führt. ARM-Prozessoren können hier durch ihren geringen Preis und die geringe Leistungsaufnahme punkten. Die Vorauswahl wird anhand der notwendigen Interfaces und Kommunikationsschnittstellen getroffen.

Bei Anwendungen, bei denen der zeitliche Bezug der bereitgestellten Daten wichtig ist oder ein spezielles Echtzeitverhalten im Netzwerk gefordert ist, sind noch weitere Aspekte zu

berücksichtigen: Ins Spiel kommen hier Ethernet-Erweiterungen wie IEEE1588, die den Zeitbezug sicherstellen. Muss eine zeitliche Deterministik mit vorgegebenen Latenzzeiten eingehalten werden, so muss der Prozessor Feldebusschnittstellen wie EtherCat oder Technologien wie Time Sensitive Network (TSN) unterstützen.

Die moderne Datenerfassung im IIoT-Umfeld umfasst heute jedoch oft auch mehr: Intelligente Kameras liefern nicht nur Bilder, sondern können beispielsweise bereits 3D-Oberflächenstrukturen eines Werkstücks an das übergeordnete System liefern. Um hierbei aus Daten Informationen zu machen ist entsprechend Rechenleistung, angemessener Speicherausbau und gegebenenfalls Zusatzintelligenz notwendig. Je nach Aufgabenstellung ist hier die Performance-Betrachtung des jeweiligen Prozessors ausschlaggebend. Auch die Limits in Sachen Speicherausbau und -geschwindigkeit sind wichtige Auswahlkriterien. x86-Prozessoren bieten hier flexible Skalierungsmöglichkeiten. An dieser Stelle wird es für den Entwickler oft schwierig, eine Vorauswahl der Architektur oder eine Eingrenzung anhand von Datenblättern durchzuführen. Die Nutzung von Evaluierungssystemen ist hier ein pragmatischer Ansatz um mit geringem Aufwand die Tauglichkeit zu überprüfen und eine Vorauswahl zu treffen.

Eine der größten Herausforderungen für durchgängige Industrial-IoT-Anwendungen ist es, bestehende Infrastrukturen und Systeme sowie neue Installationen und Anforderungen



Abbildung 2: Die Geräteplattformen für Gateways, Edge-Server und Industrial-Firewalls unterstützen eine Vielzahl von Anwendungsszenarien im industriellen IoT-Umfeld. Als Evaluierungsplattform bieten sie auch die Möglichkeit, schnell und kostengünstig die passende CPU und Performance-Klasse auszusuchen.

unter einen Hut zu bekommen. Gateways helfen, die Vielzahl an Schnittstellen, Übertragungsprotokollen und Datenstrukturen so zu konvertieren, dass eine durchgängige Interoperabilität möglich ist. Oft wird diese Aufgabe unterschätzt. In vielen Fällen verrichten hier ARM-Prozessoren einen hervorragenden Dienst und bieten mit der Vielzahl an Schnittstellen eine einfache technische Umsetzung. Bei intelligenten Gateways, die eine anspruchsvolle Datenvorverarbeitung oder Voranalyse übernehmen, kommen oft auch x86-Prozessoren zum Einsatz, da diese mehr Rechenleistung, einen größeren Arbeitsspeicher und mehr Bandbreite innerhalb des Systems zur Verfügung stellen. Sicherheitskritische Anwendungen sehen hier oft auch eine Container-basierende Implementierung vor, um interne Prozesse getrennt voneinander zu halten. Hier punkten die x86-Prozessoren mit einer großen Skalierbarkeit in Sachen Performance, Speicher und Bandbreite.

## Edge- und Fog-Computing

Vom intelligenten Gateway hin zum Edge- oder Fog-Server ist es nicht mehr weit. Meist ist der Übergang sogar fließend. Denn Intelligenz vor Ort, sei es bei der Datenvorverarbeitung oder der zeitkritischen lokalen Analyse und Reaktion, kann durch modular aufgebaute und skalierbare Systeme entsprechend den jeweiligen Anforderungen leicht angepasst werden. Hier spielen die x86-Prozessoren ihre Stärken aus. Durchgängige Softwarekompatibilität, einheitliche Schnittstellenkonzepte und zahlreiche Erweiterungsmöglichkeiten werden über

das komplette Leistungsspektrum hinweg unterstützt. Werden zum Beispiel neue Deep-Learning-Konzepte umgesetzt, können Entwickler basierend auf einheitlichen Bibliotheken die Applikations-Software unabhängig vom später verwendeten x86-Prozessortyp realisieren. Je nach Anwendung kann so die jeweils optimale Kombination aus Rechenleistung, Verlustleistung und Preis zusammengestellt werden.

## Fazit

Im Industrial-IoT-Umfeld spielen also alle Architekturen eine maßgebliche Rolle. „ARM, Layerscape oder x86?“ ist also keine technische Grundsatzfrage bei IoT, sondern oft nur eine künstlich herbeigeführte Vorabentscheidung, die den Blick für den jeweils optimalen Lösungseinsatz nur unnötig einschränkt. Vielmehr müssen sich Entwickler bei der Konzeption neuer IoT-Produkte darauf konzentrieren, das benötigte Feature-Set zu definieren, einen Abgleich mit verfügbaren Prozessoren durchzuführen und möglichst effizient die getroffene Auswahl zu verifizieren. Die Zusammenarbeit mit Partnern, die ein breites Spektrum an Prozessorarchitekturen mit unterschiedlichsten Leistungsfaktoren im Angebot haben, erleichtert die Auswahl und Verifikation. Diese können objektiv beraten und bieten eine große Auswahl an Starterkits und Evaluierungsplattformen.

Weitere Informationen zu TQ-Systemen finden Sie im Business-Profil auf Seite 48.

# RAUE UMGEBUNGEN MEISTERN

Neueste Prozessortechnologie unter höchsten Robustheitsanforderungen einzusetzen ist schwer. Modulare Designs, auf Basis des Rugged-COM-Express-Standards, können hier Abhilfe schaffen.

**TEXT:** Maximilian Kolpak, MEN Mikro Elektronik **BILD:** MEN Mikro Elektronik

Für die Rechenleistung und den Einsatzbereich jedes Embedded-Elektronik-Designs gibt es stark limitierende Faktoren, wie zum Beispiel die maximal zulässige Verlustleistung. Neue CPU-Serien, wie die AMD Ryzen Embedded-V1000-Serie oder die 8te Generation der Intel Core-Prozessoren, weisen eine TDP (Thermal Design Power) zwischen 12 und 56 Watt auf. Will man ihr volles Potenzial auf einem COM-Express-Modul ausschöpfen, liegt man oberhalb einer kritischen TDP-Grenze. Konventionelle COM-Express-Designs lassen sich dann nur mit aktiven Kühlkonzepten realisieren.

In den Köpfen vieler Entwickler hat sich deshalb festgesetzt, dass lüfterlose Designs maximal bis 25 Watt möglich sind. Die Embedded-Märkte benötigen jedoch auch oberhalb dieser Grenze robuste Systeme, die sich lüfterlos betreiben lassen. Rugged COM Express wurde für diese Anforderungen entwickelt und bietet zusätzlich zur besseren Wärmeabfuhr zahlreiche Vorteile für den Betrieb im rauen Umfeld. Die Vorteile der COMs:

- ▶ COMs (Computer-on-Modules) kombinieren die schnelle Verfügbarkeit von CPU-Modulen (COTS-Produkte) mit der Flexibilität komplett kundenspezifischer Designs.
- ▶ Durch Zukauf der komplexen Teile der Schaltungstechnik (CPU, Speicher, Core-Spannungsregler) entstehen rund 50 Prozent geringere Entwicklungskosten.
- ▶ Sie bieten einfache Retrofit- und Skalierungsoptionen durch Austausch des COMs, selbst über Prozessorarchitektur- und Herstellergrenzen hinweg.
- ▶ Sicherheitskritische Anwendungen mit langen Produktentwicklungs- und Lebenszyklen sowie hohen Zertifizierungsanforderungen profitieren von einfacher Aufrüstbarkeit mit neuen standardisierten Modulen.
- ▶ Bei Tausch der Rechereinheit eines zertifizierten End-Systems beschränkt sich bei modularen Systemen eine Requa-

lifizierung weitgehend auf den Systemteil, der im Zusammenhang mit dem neuen Modul steht.

## Etablierter Standard

Der Standard unter den Computer-on-Modules ist COM Express. Spezifiziert von der PCI Industrial Computer Manufacturers Group, kurz PICMG, ist er heute aus der Embedded-Welt nicht mehr wegzudenken – von Low-Power-Designs im Mini-Format auf Basis von Single-/Dual- oder Quadcore ARM oder Intel Atom CPUs bis hin zu High-Performance-Rechnern im Basic-Format basierend auf Server-CPU's mit 16 und mehr Kernen.

Durch die große Anzahl an Herstellern von COMs, Carrierboards und Entwicklungskits verfügt COM Express über das umfangreichste Ökosystem in der Computer-on-Modules-Welt. Die große Verbreitung gewährleistet ein ausgewogenes Preis-/Leistungsverhältnis der Produkte und Dienstleistungen und stellt zusätzlich die Langzeitverfügbarkeit des Standards sicher, da er von vielen Unternehmen getragen wird.

## Wenn es robust sein muss

Einige Anwendungsbereiche stellen besonders hohe Anforderungen an die Robustheit des Rechensystems. Schädliche Einflüsse, wie mechanischer Schock, starke Vibration, schnelle Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit oder elektromagnetische Störstrahlung werden in der COM-Express-Spezifikation nicht berücksichtigt, deshalb wurde sie um die Rugged-COM-Express-Spezifikation (VITA 59) erweitert.

Auf Basis von VITA 59 lassen sich High-Performance Rugged-COM-Express-Module realisieren, die mit einer TDP von 55 Watt noch komplett lüfterlos betrieben werden können.



Abbildung 1: Das CB71C-Modul ist mit dem AMD-Ryzen-Embedded-Prozessor ausgestattet und das derzeit leistungsfähigste Rugged-COM-Express-Design.

## Erweiterung der Leiterplatte

Basierend auf dem COM-Express-Standard bieten RCE-Module alles, was auch COM-Express-Module bieten. Die VITA 59-Spezifikation erweitert die Leiterplatte der Module um zusätzliche Seitenflügel zur Einbettung in einen standardisierten Aluminiumrahmen (CCA), der für eine optimale thermische Anbindung sorgt. Dieser genau spezifizierte Rahmen gewährleistet die Entwärmung der Hot-Spots (CPU, Speicher und Spannungswandler). Zusätzlich erfolgt die Ableitung der Verlustleistung über die Platine (PCB) nach außen an den Rahmen. Von dort aus kann die Abwärme über Konduktion direkt an das umgebende Gehäuse und anschließend über Kühlrippen per Konvektion an die Umgebung abgeführt werden. Diese Maßnahmen verringern den thermischen Widerstand der Baugruppe zum Gehäuse. Damit lässt sich die Temperaturüberhöhung der elektronischen Bauteile im Vergleich zum Standard-COM-Express-Kühlkörper um bis zu 5°C senken.

Die geringere thermische Belastung der Bauteile führt zu weniger Fehlern und weniger Wartungseinsätzen, verbessert also die Zuverlässigkeit der RCE-Module gegenüber klassischen COM-Express-Designs. Da das gesamte Konzept von der VITA standardisiert wurde, bleiben die Herstellerunabhängigkeit und Zukunftssicherheit auch bei RCE vollständig erhalten und ein Wechsel des Moduls zusammen mit seinem standardisierten Aluminiumrahmen ist jederzeit möglich.

## Kühler und besser geschützt

Auch in anderer Hinsicht können RCE-Module mehr tragen. Durch das Aluminiumgehäuse sind sie gut abgeschirmt und besitzen eine hohe Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischer Umgebungsstrahlung. Die Module sind standardmäßig

mit einem Schutzlack versehen. Dieses Conformal Coating bietet einen wirksamen Schutz gegen Umwelteinflüsse wie Staub, Feuchtigkeit oder auch Chemikalien. Der VITA 59-Standard hat seinen Ursprung im Bahnbereich, womit auch das Kühlkonzept perfekt zu den Anforderungen der EN 50155 passt. Eine der größten Herausforderungen besteht darin, die kurzfristigen hohen Temperaturschwankungen oder thermische Schocks zu verkraften, die entstehen, wenn ein Zug bei feuchtwarmem Klima in einen kühlen Tunnel einfährt und die Temperatur der Kühlluft sich schlagartig um bis zu 20°C ändert. Die resultierenden thermischen Spannungen führen auf herkömmlichen COMs mittelfristig zu Ausfällen durch gerissene Lötverbindungen. Deshalb werden kritische Bauteile durch sogenanntes „Underfilling“ mit der Leiterplatte verklebt und erhöhen die Robustheit gegenüber schnellen Temperaturänderungen. Zusätzlich sorgt die feste Verschraubung des Rahmens auf dem Trägerboard für eine hohe mechanische Schock- und Vibrationsfestigkeit. Reale Größen sind Belastungen von bis zu 5G für Vibration und sogar bis zu 50G bei Stößen, wodurch sich die Module sogar für den Einsatz in Offroad-Fahrzeugen eignen.

## Vielfältige Einsatzgebiete

All diese Eigenschaften machen Rugged COM Express zu einem Standard für ausfallsichere Hochleistungsrechner bei widrigen Umgebungsbedingungen. Bedingungen wie man sie in Windparks und elektrischen Verteilerstationen vorfindet oder beim Einsatz in Straßen-, Nutz- und Schienenfahrzeugen. Mit Rugged-COM-Express-Modulen profitieren Hersteller von Medizinern von der hohen Rechenleistung in komplett geschlossenen Designs, welche hygienisch und leicht zu desinfizieren sind. Dies sind ähnliche Anforderungen, wie auch in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie, denn lüfterlose Systeme lassen sich bei Bedarf sogar mit dem Hochdruckreiniger reinigen. □

# RAUSCHEN SENKEN, KOLLISION VERMEIDEN

Die Bewegungs- und Umweltsensoren haben in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Diese sind gerade für autonome Fahrzeuge besonders wichtig, da sie ihre Betriebsumgebung genau kennen müssen und mit unscharfem Sichtfeld nicht sicher arbeiten können.

TEXT: William G. Marshall, RS Components BILDER: RS Components

In der Regel erfordert alles, was sich bewegt, Sensoren, die Bewegungen verfolgen können. Zu den statischen Anwendungen, bei denen Sensoren mehr Zeit zur Erfassung der Messwerte zur Verfügung haben, gehören die Wetterüberwachung und die Gebäudeautomatisierung. Eine Gemeinsamkeit dieser praktischen Geräte ist es, dass ihre Ausgabe ein mehr oder weniger starkes Rauschen beinhaltet. Rauschen bedeutet Fehler und die Verwendung von unbearbeiteten Sensordaten kann dazu führen, dass Wetterbeobachtungen und die daraus resultierenden Prognosen ungenau sind, oder schlimmer noch, dass ein autonomes Fahrzeug die Kontrolle verliert und einen tödlichen Unfall verursacht.

Rauschen ist das Geräusch, das beim Anhören einer Aufnahme an leisen Stellen zu hören ist. Es ist die zufällige Unschärfe im gesamten Ausgangsbereich eines Abstandssensors, auf den sich der Computer eines fahrerlosen Autos verlässt, um eine Kollision zu vermeiden. Um einen geeigneten Filter zur Senkung des Rauschens zu entwerfen, muss dieses mathematisch erfasst sein. Rauschen ist unvorhersehbar und nicht-deterministisch. Lineare Gleichungen sind deshalb ungeeignet. Stattdessen müssen Statistiken eingesetzt werden. Für die Bewertung der Leistung eines neuen Filterdesigns muss eine Art mathematisches Modell des Rauschens verfügbar sein. Das am häufigsten verwendete Modell ist das Additive White Gaussian Noise (AWGN). Es ist nicht perfekt, aber gut genug, um zu beweisen, dass ein Design mit echtem Rauschen funktionieren würde. Die wichtigsten Merkmale des AWGN:

- ▶ Es wird einfach zum Signal addiert. Daher der Begriff Additives Rauschen.
- ▶ Es hat eine Normalverteilung im Zeitbereich, mit einem Durchschnitts- oder Mittelwert von Null. Daher führt eine Integration von Signal plus Rauschen über einen langen Zeitraum zum Verschwinden des Rauschens.

- ▶ In der Theorie reicht die Frequenzdomäne von  $-\infty$  bis  $+\infty$ , und die Leistungsdichte ist über den gesamten Bereich flach. Daher der Begriff Weißes Rauschen.

Zum Glück für den Entwickler haben Simulationsprogramme wie MATLAB integrierte Generatoren für das AWGN-Rauschsignal. Das Wichtigste, was bezüglich der oben beschriebenen AWGN-Gleichung zu beachten ist, ist die Tatsache, dass es nur die allgemeine Menge des Rauschens für ein Signal definiert; es liefert nicht die genaue Rauschspannungsabweichung zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Variable  $\sigma$  ist die Standardabweichung, und sie definiert, wie schlimm das Rauschen ist.

In jedem Fall muss der Winkel  $\theta$  gemessen werden. Der offensichtliche Sensor für diesen Einsatz ist das Gyroskop, das die Rotationsgeschwindigkeit um eine Achse in Grad pro Sekunde misst. Die Integration des Ausgangs ergibt den Winkel in Grad. Das Gyroskop reagiert schnell auf Veränderungen und ist unempfindlich gegen Vibrationen entlang seiner Achsen, aber es hat einen großen Nachteil: ein geringer Versatz der Geschwindigkeitsrate wird zu einem Winkelfehler integriert, der sich mit der Zeit erhöht. Mit anderen Worten, es driftet ab, und ein Filter, der für einen Rauschmittelwert von Null bestimmt ist, kann den zunehmenden Fehler nicht korrigieren. Hier helfen Zweitsensoren. Beim balancierenden Roboter werden zwei Beschleunigungsmesser mit Achsen, die in einem Winkel von 90 Grad zueinander stehen, eingesetzt. Ist der Roboter vertikal, produziert der Z-Achsen-Beschleunigungsmesser einen Ausgabewert von 1 G aufgrund der Schwerkraft. Der Neigungswinkel  $\theta$  kann somit durch Einsetzen der gemessenen Werte für  $a_z$  und  $a_y$  in die folgende Gleichung ermittelt werden:  $\theta = \arctan(a_y/a_z)$  wobei  $a_z$ ,  $a_y$  normalisiert sind, so dass sie im Bereich von  $\pm 1$  G liegen. Der Haken ist, dass Beschleunigungsmesser relativ träge auf Veränderungen reagieren, und dass sie bei Vibrationen, wie sie beispielsweise



Abbildung 1: Temperatursensoren gehören zu den statischen Anwendungen. Abgebildet ist der RS-740-RS Pro in zwei Ansichten.

von Motoren stammen können, sehr stark rauschende Ausgänge erzeugen. So haben wir jetzt zwei Winkelsensoren, die jeweils nominell die gleichen Daten liefern, aber mit unterschiedlichen Mängeln. Die Lösung besteht darin, die beiden so zu fusionieren, dass die Mängel beseitigt werden und ein einziges sauberes Ausgangssignal erzeugt wird.

Der Kippwinkel  $\theta_a$  wird von  $a_z$  und  $a_y$  abgeleitet und dann mit einem Tiefpass gefiltert, um das gesamte Hochfrequenzrauschen zu eliminieren; dann verbleibt ein sich langsam ändernder oder statischer Wert für  $\theta_a$ . Gleichzeitig wird der Gyroskopgeschwindigkeitsausgang integriert, um  $\theta_g$  zu ermitteln, und dann mit einem Hochpass gefiltert, um das Driftsignal auszuschalten. Die beiden Signale werden dann gewichtet und stellen uns gemeinsam eine Kippwinkelmessung ohne Drift zur Verfügung. Die Gewichtungsfaktoren sind Konstanten, die bei der Programmierung festgelegt werden, vielleicht 0,95 für das Gyroskop mit einem entsprechenden Wert von 0,05 für den Beschleunigungsmesser. Diese Art der Fusion geht davon aus, dass sich die Leistung der Sensoren nicht mit der Zeit ändert oder durch vorübergehende Störungen aufgrund schwerwiegender Interferenzen beeinträchtigt wird.

### Filter der sich dem Rauschen anpasst

Es gibt andere Algorithmen wie den Kalman-Filter, der sich an Änderungen des Rauschens anpassen kann, indem die Gewichtung eines Sensors reduziert wird, wenn die Qualität von dessen Ausgabe nachlässt. Der Kalman-Filter-Algorithmus wurde in den frühen 1960er Jahren entwickelt, um das Null-Mittelwert-rauschen zu beseitigen, das ein Signal stören kann. Er kann für jede Art von System eingesetzt werden, das mit einer linearen Gleichung beschrieben werden kann. Er wurde in der Ingenieurs-Welt berühmt aufgrund seiner Verwendung in

den Trägheits-Navigationsprogrammen, die auf dem Apollo-Steuerungscomputer der NASA laufen. Er ist so gut, dass ihn die meisten von Echtzeit-Sensoren gesteuerten Anwendungen, die in Umgebungen mit starkem Rauschen arbeiten, heute immer noch verwenden.

Was macht den Kalman-Filter so clever? Er verwendet einen einfachen zweistufigen Prozess der Vorhersage der Ausgabe und vergleicht dann diese Prognose mit einer Messung zur Aktualisierung der nächsten Vorhersage. Er hält einen Wert für die Unsicherheit hinsichtlich der Sensor-Messung fest, der ebenfalls aktualisiert wird. Wenn ein Sensor-Ausgang ein stärkeres Rauschen produziert, reduziert der Kalman-Algorithmus den Einfluss der Messung auf den Ausgang und erhöht die Gewichtung seiner eigenen Schätzung. Faktoren für die Eignung des Algorithmus:

- ▶ Der Prozess, der gemessen wird, muss von einem linearen System beschrieben werden. Ein Beispiel ist ein einfaches lineares Bewegungssystem, das auf Beschleunigung, Geschwindigkeit und Position basiert. Ein erweiterter Kalman-Filter wurde von Mitarbeitern der NASA entwickelt, um mit nichtlinearen Systemen umzugehen, aber dessen Mathematik ist aufwändiger.
- ▶ Eine Sensor-Messung besteht aus einem Mittelwert und seiner Varianz. Für optimale Leistung muss nicht nur das Systemmodell exakt sein, sondern dies muss auch für die Varianzen für Signaleingänge gelten. Sie finden die richtigen Werte vielleicht in einem Datenblatt, aber einige Labortests können notwendig sein.
- ▶ Das Rauschen muss einen Mittelwert von Null haben, wie bei AWGN. Der Filter nimmt an, dass jeder Teil der Messung, der nicht im Mittelwert Null ergibt, wie der bereits erwähnte Gyroskop-Drift, das gewünschte Signal ist. Es wird nicht als Rauschen erkannt und nicht minimiert.

Abbildung 2: Wie alle Sensoren beinhaltet auch die Ausgabe optischer Sensoren ein mehr oder weniger starkes Rauschen.



## Möglichkeiten des Kalman-Filters

Der Kalman-Filter wird oft in der Literatur mit nur einem Sensoreingang abgebildet, aber er kann zwei oder mehr verarbeiten und eine Sensorfusion durchführen. Natürlich ist die Forderung nach Echtzeit-Verarbeitung auch für einen einzigen Eingang ziemlich schwerwiegend und wird bei mehr Eingängen immer schlimmer. Bis vor kurzem stellte dies eine starke Einschränkung dar, aber weit weniger heute, da 32-Bit-Mikrocontroller mit Fließkommaeinheiten, DSPs und sogar paralleler Datenmanipulation mit Single Input Medium Data (SIMD), wie beispielsweise der NEON von ARM, verfügbar sind.

Der Algorithmus kann vereinfacht werden, indem einige seiner Variablen für den praktischen Gebrauch als eins oder null deklariert werden, dies muss mit großer Sorgfalt geschehen, um nicht seine erstaunlichen Fähigkeiten der adaptiven Rauschunterdrückung zu kompromittieren. Die Sensorfusion mit Kalman-Filterung bietet zudem eine höhere Zuverlässigkeit durch intelligente Redundanz.

## Fly-by-Wire-Computerstabilisierung

Kleine Multirotor-Hubschrauber oder Drohnen wurden in den letzten Jahren sehr beliebt. Zum größten Teil liegt dies an den integrierten Flugsteuerungssystemen, die aufgrund der Miniaturisierung von Bewegungssensoren, dem elektronischen Kompass (Magnetometer) und mächtigen Mikrocontrollern ermöglicht wurden. Ohne die Fly-by-Wire-Computerstabilisierung sind Quadcopter und Hexacopter einfach nicht praktisch einsetzbar. Trotzdem ist die Umwelt, in der diese neuen Sensoren betrieben werden, ziemlich feindselig und sogar erfahrene Piloten verlieren die Kontrolle, was zu einer Stabilisierung mit vertikaler Abwärtsbewegung führt. Dies kann passieren, wenn Beschleunigungs-

messer und Gyroskope durch Motorschwingungen und Manöver mit hohen G-Werten überlastet werden. GPS-Daten werden häufig mit IMU-Ausgängen verbunden, zur Verbesserung der Navigation und zur Aufrechterhaltung des stabilen Flugs, wenn man sich auf die IMU nicht verlassen kann. Das GPS kann in einem kritischen Moment seine Genauigkeit verlieren, daher haben professionelle Drohnen oft zwei GPS-Empfänger von verschiedenen Herstellern. Die Ausgänge von zwei GPS-Modulen und der IMU werden durch einen Kalman-Filter fusioniert, der seine adaptiven Fähigkeiten nutzt, um die besten Sensordaten auszuwählen und die schlechtesten zu ignorieren. Eine solche Redundanz kann dazu führen, dass ein schlechteres Flugprofil entsteht, aber das ist immer noch viel besser als ein unkontrollierter Kontakt mit dem Gelände.

## Entscheidende Faktoren

Obwohl Beschleunigungsmesser und Gyroskope als Einzelchips mit analogen Ausgängen zur Verfügung stehen, ist der aktuelle Trend, sie integriert als ein Gerät zu kaufen, oft mit Tiefpassfiltern und ADCs, die serielle Daten im SPI- oder I2C-Bus-Format an den Ausgängen liefern. Es handelt sich in der Regel um 3D-Geräte mit Bewegungsdaten in drei Achsen, die über eine interne Signalverarbeitung verfügen, vor allem, um den Gyroskop-Drift zu korrigieren.

Einige beinhalten auch 3D-Magnetometer und werden als Geräte mit 9-Freiheitsgraden bezeichnet. Wie immer in der Elektronikentwicklung sind das Leiterplatten-Layout und die relative Positionierung der Chips auf dem Board entscheidend. Diese MEMS-Chips führen eine zusätzliche Dimension ein, nämlich die mechanischen Überlegungen. So kann beispielsweise eine schlechte Verlotung oder Platzierung von Befestigungslöchern unerwünschte mechanische Belastungen verursachen. □

# FPGAS AUF DEM WEG IN DIE CLOUD

Cloud-Computing hat ein riesiges Spektrum an modernen Diensten ermöglicht, die auf Big-Data-Analysen und maschinellem Lernen basieren. Diese reichen von der Suchbeschleunigung bis hin zu Benutzeroberflächen mit Spracherkennung. Die Anforderungen steigen aber weiter, denn durch das industrielle Internet der Dinge wird der Analysebedarf weiter gesteigert.

TEXT: Mark Patrick, Mouser Electronics BILDER: Mouser Electronics

Für Benutzer von Cloud-Servern ist die traditionelle Serverarchitektur eine Herausforderung. Multicore-Prozessoren sind hocheffektiv, wenn es um die Ausführung von Software geht, die Entscheidungen auf Basis kleiner Datenmengen treffen soll. Bei Big-Data-Anwendungen werden jedoch ihre Grenzen sichtbar. Ein Hauptproblem von Systemen, die auf Mikroprozessoren beruhen, ist die relativ ineffiziente Nutzung des Arbeitsspeichers. Datenelemente müssen aus dem Arbeitsspeicher abgerufen, in temporären Registern zwischengespeichert und nach Abschluss der Operation zurück in den Arbeitsspeicher geladen werden – selbst dann, wenn dieselben Daten in verschiedenen Zyklen benötigt werden.

Um die Nachteile einer ununterbrochenen Übertragung von Daten zwischen Registern und Arbeitsspeicher zu beseitigen, erfanden Prozessor-Architekten den Cache-Speicher. Die Strategien der Cache-Verwaltung passen allerdings nicht immer zu den Mustern der Softwarenutzung.

Adresskonflikte können dazu führen, dass wichtige Daten von einem anderen Element, das die Cachezeile benötigt, in den Arbeitsspeicher geladen werden, kurz bevor jenes erste Datenelement erforderlich wird.

## Grafikprozessoren schaffen Abhilfe

Spezielle Prozessoren, die für die Signal- oder Bildverarbeitung optimiert wurden, nutzen per Software verwaltete On-Chip-Zwischenspeicher, um Daten effizienter zu übertragen. Bei solchen Implementierungen besteht jedoch weiterhin der Nachteil, dass eine befehlsorientierte Architektur auf Probleme angewandt wird, bei denen es um große Datenströme

geht. Betreiber von Serverfarmen nutzen aber inzwischen erfolgreich Grafikprozessoren (GPUs) für Big-Data-Anwendungen. Dabei profitieren sie von der massiven Parallelverarbeitung, die derartige Prozessorarchitekturen möglich machen.

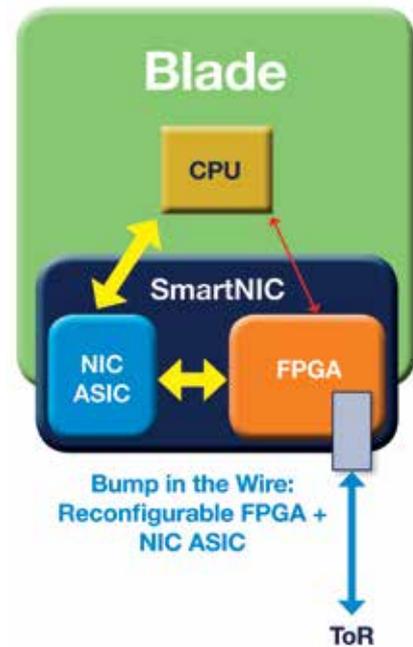
Ein Problem ist, dass GPUs zur Bereitstellung hoher Rechenleistung eine Menge Energie benötigen. Eine andere Möglichkeit, um in Datenstromanwendungen auf massive Parallelverarbeitung zurückzugreifen, ist das Field-Programmable Gate Array (FPGA). In Bereichen wie der Luftfahrtelektronik, Kommunikationsinfrastruktur und Bildverarbeitung gehören FPGAs seit langem zum Standard.

Viele dieser Anwendungen weisen hinsichtlich der Architektur große Ähnlichkeiten mit der Big-Data-Verarbeitung auf, die Cloud-Benutzer heute in Anspruch nehmen möchten. Die von großen Internetfirmen entwickelten maßgeschneiderten Beschleuniger basieren zum Beispiel auf Architekturen wie systolischen Arrays, um die Performance von AI-Anwendungen zu verbessern, die auf Convolutional Neural Networks beruhen. Systolische Arrays kommen beispielsweise beim Militär im Rahmen der Verarbeitung von Radardaten zum Einsatz.

## FPGAs als Lösung für Big-Data-Anwendungen

Es gibt viele Gründe, warum FPGAs (Field Programmable Gate Array) eine sinnvolle Lösung für cloudbasierte Big-Data-Anwendungen sind. Der zentrale Logik-Block, der in FPGAs viele Male repliziert wird, besteht aus einer programmierbaren Wertetabelle. Jede Funktion, die sich als Wahrheitstabelle ausdrücken lässt und in die Tabelle passt, kann implementiert werden. Meist speisen einzelne Lookup-Tabel-

Abbildung 1: Die Smart-NIC-Lösung agiert über eine Linux-basierte Engine für Paketverarbeitung.



len ein oder mehrere Register. Zusätzliche Schaltungen wie Carry-Chain-Eingänge und -Ausgänge ermöglichen eine effiziente Implementierung arithmetischer Einheiten.

Die Logik-Blöcke werden mithilfe programmierbarer Switches in einem chipweiten Verbindungs-Fabric miteinander verdrahtet, um komplexe kombinatorische Logik-Schaltungen zu bilden. Wichtig dabei ist, dass sich Verbindungen spontan umprogrammieren lassen, indem eine neue Konfigurationsdatei aus dem Arbeitsspeicher geladen wird. So kann das FPGA mit demselben Silizium verschiedene Anwendungen unterstützen.

## Gesamtpformance erhöhen

FPGAs, wie sie zum Beispiel von Intels Programmable Systems Group angeboten werden, umfassen zahlreiche andere Leistungsmerkmale, welche die Gesamtpformance erhöhen. Dazu gehören unter anderem arithmetische Logik-Einheiten, die für die Ausführung von DSP-Funktionen (Digitalsignalverarbeitung) optimiert wurden, beispielsweise Multiply-Adds. Durch zwei unterschiedliche DSP-Implementierungen eignen sich FPGAs perfekt für die Verarbeitung der Datenfeeds aus Sensoren sowie der Algorithmen für maschinelles Lernen, die von tiefen neuronalen Netzwerken benötigt werden. Große Speicherblöcke ermöglichen eine Pufferung und Zwischenspeicherung.

Entscheidend für die Beschleunigung von Big-Data-Anwendungen durch FPGAs ist das Zusammenfassen dieser Blöcke in individuellen Pipelines. Anstatt Daten zwischen Prozessor und Arbeitsspeicher hin und her zu übertragen, können

Lookup-Tabellen Daten dahin leiten, wo sie der nächste Knoten benötigt.

Das passt zum Modell der Daten-Pipelines, das viele Big-Data-Anwendungen aufweisen. Ein weiterer Vorteil von FPGAs besteht darin, dass sich der Lookup-Vorgang mit einer Synthetisierung benutzerdefinierter Verarbeitungselemente kombinieren lässt. Dazu können kleine Mikroprozessoren beitragen, die Daten durch die fest verdrahteten Prozessoren sequenzieren. Alternativ können sie Teil der Datenpipeline sein – mit einem Schwerpunkt auf benutzerdefinierten Datentypen, die auch spezialisierte 2-Bit-Nibbles umfassen können, welche die Basenpaare einer genetischen Sequenz repräsentieren.

## Lernende Netzwerke

Anpassungsfähige Ausführungseinheiten sind für AI-Algorithmen genauso wichtig, vor allem in der Inferenzphase. Standardmäßige Gleitkomma-Operationen mit einfacher Präzision stellen beim Trainieren einen guten Ausgangspunkt für die Berechnung von Neuronengewichtungen dar. Nach dem Training des Netzwerks wird hohe Genauigkeit jedoch nur noch für eine Untergruppe der Neuronengewichtungen benötigt.

Viele Gewichtungen mit einer geringeren Auswirkung auf die Gesamtleistung lassen sich mit einer deutlich niedrigeren Präzision bearbeiten. Das kann bis hin zu 4-Bit- oder 8-Bit-Festkomma-Datentypen reichen. Da FPGAs eine Anpassung der Verarbeitung an spezifische Algorithmen ermöglichen, steigt die Energieeffizienz. Standardmäßige Multicore-Prozessoren und GPUs können da nicht mit-

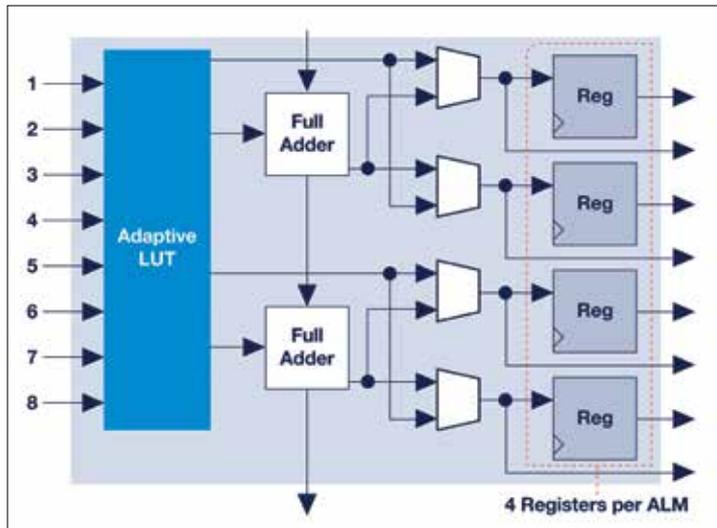


Abbildung 2: Dank dem Einsatz adaptiver Lookup-Tabellen, können Daten direkt zum nächsten Knoten geleitet werden, wo sie benötigt werden.

halten. Die Rechenbeschleunigung ist nicht der einzige Punkt, an dem FPGAs als zentrale Komponente von Rechenzentrumsarchitekturen immer wichtiger werden. Anwendungen, die in Rechenzentren ausgeführt werden, setzen vermehrt auf Virtualisierung und Container-Frameworks wie Docker, um Workloads bei Bedarf leichter handhaben zu können.

Eine Folge davon ist, dass verbundene Anwendungen mithilfe standardmäßiger TCP/IP-Protokolle kommunizieren, Pakete jedoch nicht in das übergeordnete Netzwerk übertragen werden. Dieser kleine Grenzverkehr kann auf den Servern, die den von ihnen gehosteten virtuellen Maschinen vollständige Netzwerk-Stacks und -Services bereitstellen müssen, einen hohen Overhead verursachen.

## Den Datenverkehr richtig steuern

In herkömmlichen Netzwerkdesigns übernehmen Application-Specific Integrated Circuits (ASICs) und dedizierte Netzwerkprozessoren die Weiterleitung von Paketen und die Verwaltung des Datenverkehrs. Auf dem Server sorgt Software wie beispielsweise OpenDataPlane oder DPDK für die Bereitstellung der erforderlichen virtualisierten Services. Da für die Verarbeitung von Big Data jedoch Geschwindigkeiten von mehreren Gigabit pro Sekunde benötigt werden, kann die Software in einer Multicore-CPU mehrere Prozessoren in Anspruch nehmen.

## Lösung: Smart-NIC

Mit einer Smart-NIC lässt sich dieses Problem leicht lösen. Sie stellt eine Linux-basierte Engine für die Paketverarbeitung bereit, die für Standardsoftware eine Multicore-CPU einsetzt,

aber auch Beschleuniger und Paketweiterleitungs-Engines nutzen kann, die in benutzerdefinierter Logik implementiert sind. Eine Möglichkeit besteht darin, die gleichen ASICs zu verwenden, die auch in Switches der Telekommunikationsbranche zum Einsatz kommen. Diesen fehlt es jedoch an Flexibilität, die zur Unterstützung unterschiedlicher Anwendungen auf Servern im Rechenzentrum benötigt wird. Für Kommunikation optimierte FPGAs wie MachXO3 von Lattice Semiconductor und Igloo2 von Microsemi, die über schnelle SerDes-Links kommunizieren können, stellen diesbezüglich eine bessere Plattform dar.

## Ausblick

Der Umstieg auf flexible Hardware in Smart-NIC-Plattformen wird durch die Einführung neuer Programmiersprachen und Konvertierungstools für C-Software erleichtert, die Paketweiterleitungslogik in Hardwareschaltungen umsetzen können. Eine Option ist die P4-Sprache, die speziell für Netzwerkaufgaben entwickelt wurde. Außerdem kann LLVM-Compiler-Technologie zur Umwandlung von C-Programmen dienen, damit sich diese in das FPGA-Fabric herunterladen und als Kerne bereitstellen lassen. Abschließend sehen wir uns das Problem der Leistungs- und Systemsteuerung an. Die Server-Blades selbst haben komplexe Leistungsanforderungen. In solchen Umgebungen können FPGAs wie SmartFusion und Igloo2 von Microsemi für die erforderliche echtzeitbasierte Leistungssteuerung sorgen. Betrachtet man die zuvor beschriebenen Trends, haben FPGAs in der Cloud sicherlich eine große Zukunft vor sich.

Weitere Informationen zu Mouser Electronics finden Sie im Business-Profil auf Seite 38.

# GATEWAYS FÜR IOT UND INDUSTRIE 4.0

In ARM-Prozessorarchitekturen wie Cortex A7, Cortex A9, Cortex A35 und Cortex A53/A72 ist eine Vielzahl an Funktionen in die CPU integriert. Sie zeichnen sich durch eine gute Rechenleistung bei niedriger Verlustleistung und die günstige Systemintegration aus.

TEXT: Konrad Zöpf, TQ-Systems BILD: TQ-Systems

Im industriellen Zeitalter der Digitalisierung stehen wir vor vielen neuen anspruchsvollen Herausforderungen. Zum einen sind wir immer stärker gefordert Energie einzusparen, zum anderen wird erwartet, dass Daten und Informationen jederzeit und überall zur Verfügung stehen. Um die Visionen von IIoT und Industrie 4.0, im Sinne der geforderten Energieeinsparung umzusetzen, benötigt man sinnvolle Systemkonzepte. Wichtige Voraussetzungen dafür sind die Lokalisierung und Vernetzung aller Systeme, sowie der Einsatz von energieeffizienten Systemen als auch das Übertragen von notwendigen Informationen anstelle von komplexen und großen Datenmengen. Dabei darf das zu integrierende Sicherheitskonzept nicht vernachlässigt werden, um eine geschützte Übertragung von sicherheitskritischen Informationen zu gewährleisten.

## Get ready for IoT

Ein Großteil der heutigen Industrieanlagen und Systeme bieten nicht die Voraussetzung für eine zukunftsorientierte Vernetzung. Bisher wurden oft teure Box PCs oder individuell angefertigte Lösungen unter hohem Kostenaufwand von Grund auf neu entwickelt. Die Hersteller und Betreiber dieser Anlagen suchen daher Gateways, Router und EDGE Server, um ihre Maschinen günstig und effizient fit für IIoT und Industrie 4.0 zu machen. Unternehmen stehen vor vielen Aufgaben, um für die jeweiligen Anforderungen eine Lösung zu finden.

Ein Lösungsansatz sind Embedded-Module und Systemlösungen. Hersteller von ARM-basierenden CPU-Modulen bieten schlüssige System- und Sicherheitskonzepte. Neben den in der CPU integrierten hardwarebasierenden Security-Funktionen gibt es bereits viele Softwarelösungen, um zuverlässige Systeme zu realisieren. Gerade ARM-basierende Embedded-Systeme sind hinsichtlich der Energieeffizienz und der

Schnittstellenvielfalt eine ideale Plattform zur Umsetzung von Projekten in Anlehnung an die Anforderungen von IoT und Industrie 4.0.

## Weiterentwickelte CPU-Architekturen

Im Bereich der CPU-Herstellung wurden in den letzten Jahren neue Maßstäbe gesetzt. Es galt die Verlustleistung zu reduzieren, Kosten zu sparen und die Rechenleistung zu erhöhen. Durch den Einsatz von neu entwickelten Technologien lassen sich Anforderungen wie Übertragungsgeschwindigkeit und Datendurchsatz bei niedrigen Taktfrequenzen und geringer Verlustleistung bewerkstelligen. ARM-basierende CPUs haben gegenüber den anderen Architekturen die höchste Performance per Chipfläche und sind führend in der Chiptechnologie. Bei den ARM-basierenden CPUs mehrerer Hersteller ist derzeit eine rasante Weiterentwicklung zu beobachten: In puncto Leistungsfähigkeit bietet ARM samt den aktuellen Rechenkernen mit 32-Bit-Architektur wie Cortex A7 und Cortex A9, auch Rechenkerne, die auf einer 64-Bit-Architektur aufbauen, wie Cortex A53 oder Cortex A72. Diese können trotz der steigenden Leistungsfähigkeit weiterhin ein sehr gutes Verhältnis zwischen Rechenleistung und Verlustleistung aufweisen. Die Layerscape-Familie von NXP wurde dahingehend entwickelt, um mit wenig Rechenleistung im Bereich der Datenkommunikation und Datenübertragung überdurchschnittliche Ergebnisse zu erzielen.

Diese Architektur ist die optimale Grundlage für die Umsetzung von kleinen Zentralservern (Edge-Server), Routern oder Gateways. Es werden alle erforderlichen Schnittstellen zur Massenspeicheranbindung oder zur schnellen Datenkommunikation bereitgestellt. In Verbindung mit einem Gigabit-Ethernet-Switch stellt der kleinste Cortex-A53-Controller

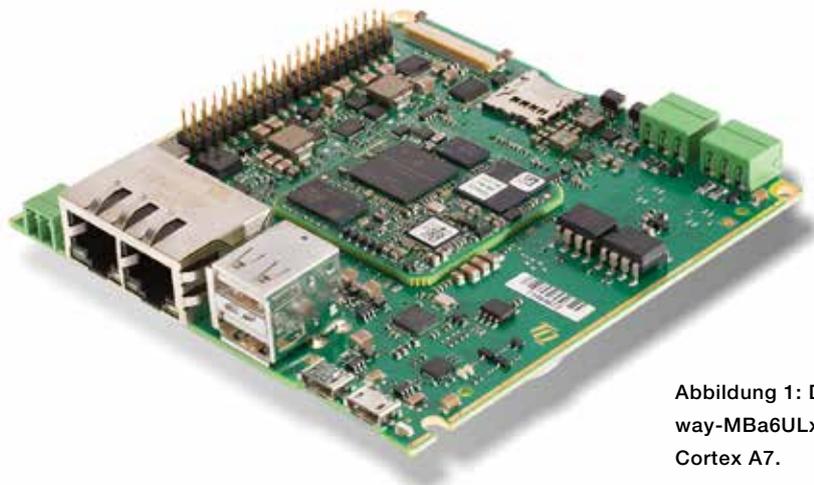


Abbildung 1: Der Gateway-MBa6ULxL basiert auf dem Cortex A7.

(LS1012A) aus dieser Familie die Basis für eine günstige industrietaugliche Plattform mit zwei bis vier Watt Gesamtleistung.

## Cortex Architektur für jede Anforderung

Die größeren verfügbaren CPU-Derivate, basierend auf Cortex A53 und Cortex A72, stellen neben den integrierten Sicherheits-Funktionen, einigen High-Speed-Schnittstellen wie USB 3.0 und PCIe zudem bis zu 2x 10-Gigabit-Ethernet zur Verfügung. Das ermöglicht innovative Systemkonzepte, für die Digitalisierung von High-End-Systemen und zur Verarbeitung von großen Datenmengen. Für einfachere und kleinere Gateways, Datenlogger und Protokollkonverter, auch in Verbindung mit einer Grafikerweiterung, eignet sich die energieeffiziente Cortex-A7-Technologie mit einer umfassenden Schnittstellenunterstützung. Bei diesen Controllern wurden zahlreiche Schnittstellen wie etwa USB, 2x Ethernet, 2x CAN, UARTs und Grafik in die CPU integriert. Dadurch lassen sich ohne großen Zusatzaufwand kleine und kostengünstige Geräte zur Nachrüstung von Systemen realisieren. Benötigte Funklösungen wie WiFi, Bluetooth, LoRaWan und Mobile Netze können über USB, SDIO oder SPI angebunden werden. An diese Controller können auch direkt ein Vielzahl von Sensoren angebunden werden. So kann flexibel, entsprechend der Anforderungen, die benötigte Funktionalität ausgewählt und angepasst werden.

Bei Gateways und Datenloggern, die mit Sensoren oder Sensorgeräten vernetzt sind, gibt es meist die Anforderung große Datenmengen zu organisieren. Um die Leistungsfähigkeit kleinerer CPU-Architekturen zu gewährleisten, empfiehlt sich der Einsatz einer SQL-Datenbank. Sie ermöglicht es, dass aus den vorhandenen großen Datenmengen lediglich die be-

nötigten Informationen bereitgestellt und übertragen werden. Somit reduzieren sich die zu übertragenden Daten auf ein Minimum. Zudem könne über Datenbanken ein ausreichendes Sicherheitskonzept bei der Vernetzung von Maschinen, Systemen und Geräten und der Übertragung von sicherheitskritischen Informationen abgedeckt werden.

## Fazit

Neben der sicheren und robusten Hardware ist ein wesentlicher Bestandteil einer IoT-/Industrie-4.0-Lösung die Software. Für die ARM-CPU's werden auf den Prozessortyp angepasste Betriebssysteme angeboten. In Abhängigkeit der Projektanforderungen kann ein entsprechendes Betriebssystem wie Linux, QNX, VxWorks oder ein Realtime OS von Green Hills oder Bare Metal ausgewählt werden. Zudem gibt es seitens der CPU-Hersteller bereits erprobte Applikationssoftware, die eine Umsetzung von Gateways oder Datenloggern erleichtern. Dies hat den Vorteil, dass dem Anwender neben einer flexiblen Auswahl eines Betriebssystems auch das Optimum an Applikationsunterstützung zur Verfügung steht. Im Zeitalter der Digitalisierung ist eine rasante Weiterentwicklung zu beobachten. Um bestehende Industrieanlagen und Systeme netzwerkfähig zu machen, werden energieeffiziente und kostengünstige Lösungen, die nachgerüstet werden können, dringend benötigt. Gerade im Bereich der Embedded-Lösungen stellt die ARM-Architektur mit ihrem auf diesen Bereich ausgerichteten ECO-System eine zuverlässige, robuste und längere Zeit gesehen, gut verfügbare Plattform im Bereich Industrie 4.0 und IoT dar.

Weitere Informationen zu TQ-Systemen finden Sie im Business-Profil auf Seite 48.

# ONE FOR ALL ALIAS USB-C

Von Monitorlösungen in industriellen Embedded-Anwendungen wird eine hohe Performance erwartet, gleichzeitig sollen diese den aktuellsten Designaspekten entsprechen. Dazu gehören der Bedarf an höheren Auflösungen, Lösungen mit vereinfachter Ansteuerungsmöglichkeit und möglichst wenig Schnittstellen. Mit USB-Type-C laufen alle Interfaces über eine Ein-Kabel-Lösung.

**TEXT:** Richard Pinnow, Data Modul **BILD:** Data Modul

Die Anforderungen an Monitore im industriellen Umfeld steigen auch in puncto Design und Handhabbarkeit. Hierzu gehören nicht nur das Gehäusedesign, sondern auch die Anschlussmöglichkeiten und die damit verbundene Anzahl der Kabel. Das Ziel ist klar und heißt: Die Bündelung aller Interfaces in einem einzigen Kabel.

## Kosteneffizienz und Handhabbarkeit

Die Vorteile einer solchen Lösung liegen nicht nur im Design und der Handhabbarkeit, sondern auch im Kostenbereich, denn durch die Kombination von Display, Touch, Audio und Spannungsversorgung sinken natürlich auch die Materialkosten.

Die Designaspekte spielen dabei eine große Rolle: Durch das Miniaturisieren der Stecker sind noch kompaktere und flachere Gerätedesigns und dementsprechende Einbauvarianten denkbar und auch möglich.

## USB-Typ-C mit Alternate Mode

Mit einem USB-Type-C-Steckverbinder und der damit möglichen Übertragung von Display-Port-Signalen über Alternate

Mode und der Stromversorgung über ein einziges USB-Type-C-Kabel wurde eine neue Übertragungsschnittstelle geschaffen, die seit des Jahres 2014 als VESA-Standard definiert ist. Wie schon bei den hohen Bildschirm-Auflösungen war auch hier der Consumer-Markt Vorreiter.

## Neuer Standard für modulare Erweiterungen

Hier sind mobile Endgeräte, aber auch Note- und Ultra-books mit der Schnittstelle USB-Typ-C mit Alternate Mode schon länger erhältlich. Data Modul als Anbieter im Bereich Visual Solutions griff diesen neuen Standard auf und adaptierte die innovative Lösung für industrielle Anwendungen.

Mit dem eigenentwickelten LCD-Controller-Board eMotion-USB, einem COM-Express-Referenz-Baseboard mit dem USB-Type-C-Interface ist die Grundlage für innovative und moderne Systemkonzepte und modulare Erweiterungen gelegt.

## Aufbau eines Systemkonzepts

Steht in einer Embedded Lösung eine USB-Type-C-Buchse als Signalquelle zur Verfügung, können bei kongruenter softwareseitiger Unterstützung die Display Port-Signale im Alter-

JEDE  
WOCHE  
NEU

**E&E** WEEK

DIE WOCHE KOMPAKT



E-M@il für Sie:  
Relevante News aus der  
Welt der **ELEKTRONIK**.

### E&E WEEK-NEWSLETTER:

Wöchentlich montags und mittwochs mit den wichtigsten Meldungen – für Sie ausgesucht von unserer Redaktion.

Jetzt kostenfrei registrieren unter:  
[www.INDUSTR.COM/EuE/Newsletter](http://www.INDUSTR.COM/EuE/Newsletter)

E&E WEEK ABONNIEREN



Abbildung 1: Das LCD-Controller-Board eMotion-USB und ein COM-Express-Referenz-Baseboard mit dem USB-Type-C-Interface sind die Grundlage für innovative und moderne Systemkonzepte und modulare Erweiterungen.

nate Mode sowie das Power Profile gemäß der USB-PD-Spezifikation bereitgestellt werden.

Wenn die Signalquelle entsprechend ausgestattet ist, werden über USB Power Delivery (USB-PD) Leistungen bis maximal 5A bei 20VDC (100W) übertragen. Mit dem Alternate Mode, der nur für Typ-C vorgesehen ist, können eine, zwei oder vier Datenleitungen für andere Signale als USB genutzt werden.

### Ein Kabel mit Chip

Geräte, die das beherrschen, handeln die Aufteilung der Verbindung beim Anschließen aus, spezielle Stecker sind nicht nötig. Hierzu wird ein Protokoll implementiert, über welches elektronisch markierte Kabelaus handeln, wie viel Strom übertragen werden darf.

### Kommunikation ist alles

Das heißt, die Quelle liefert dem Verbraucher die möglichen Span-

nungs- und Stromwerte, sodass sich dieser davon die passenden Werte aussuchen und von der Quelle anfordern kann.

Erst dann schaltet die Quelle die Spannung auf die entsprechenden Pins. Grundsätzlich lässt sich sagen: Quellen dürfen auch andere Werte als die in der USB-PD-Spezifikation angegebenen liefern, allerdings gibt es gerade in Embedded Systemen aus Sicherheitsgründen meist eine Deckelung.

### USB-2.0-Schnittstellen

Intern können über Dual-Channel-LVDS-Schnittstellen TFT-Displays mit einer Auflösung bis zu WUXGA (1920 x 1200) angesteuert werden. Der Audio Ausgang bietet Anschlüsse für zwei externe Lautsprecher, somit ist auch eine Stereo-Ausgabe möglich. Für den vollen Funktionsumfang einer abgesetzten Monitor-Lösung sind neben den Ausgängen auch Eingänge nötig, um diese zu einer Bedieneinheit erweitern zu können.

Weitere Informationen zu Data Modul finden Sie im Business-Profil auf Seite 20.

# ENTWICKLUNGSTOOLS



BILD-SPONSOR: ETAS

**104 Im Rampenlicht**  
ETAS

**106 Verifikation für schnellen Einsatz**  
Frank Schirmeister, Cadence

**109 Digitale Zukunft fordert Agilität**  
Johan Karlsson, Perforce Software

**112 Flexible Plattform für smarte Autos**  
Jürgen Häring, Deepa Vijayaraghavan,  
Kosmas Petridis, ETAS

# IM RAMPENLICHT

Fahrzeuge verlassen sich immer stärker auf elektronische Systeme. Damit diese durchgängig zuverlässig funktionieren, müssen sie bereits während der Entwicklung ausreichend geprüft werden. Beim Test der Fahrzeugsysteme helfen die Tools von ETAS.

TEXT: ETAS BILDER: ETAS; Ralf Grömminger, René Müller

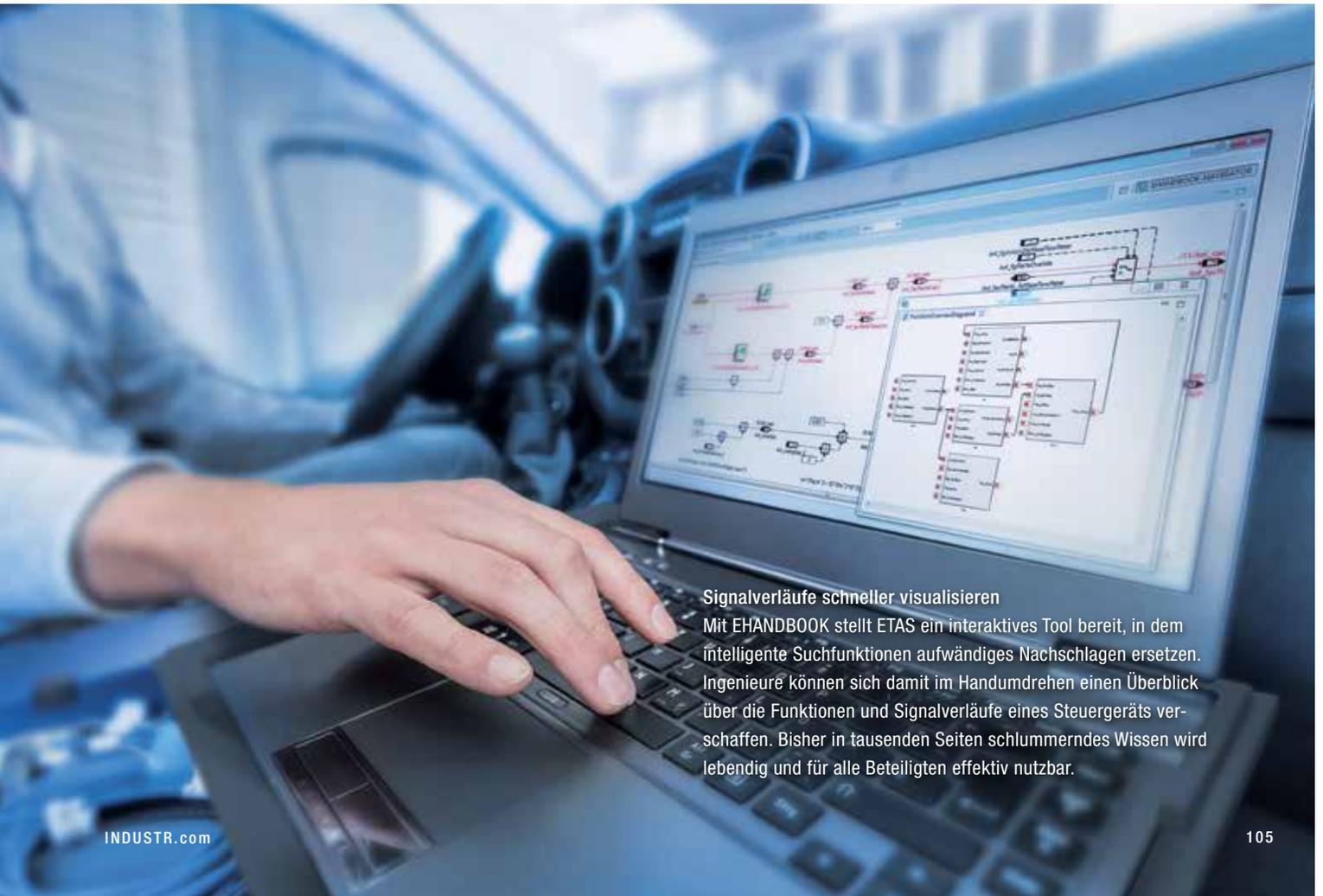
## Effiziente Fahrzeugprüfung

Intelligente, elektronisch gesteuerte Funktionen, die das Fahrzeug automatisieren, vernetzen und umweltverträglich machen, müssen in jedem Fall sicher und zuverlässig funktionieren. Mit dem Hardware-in-the-Loop-Testsystem ETAS LABCAR lassen sich diese Funktionen umfassend und effizient prüfen.



### 22 Stunden am Stück aufzeichnen

Neuester Zuwachs der konsequent modular ausgelegten Messsystemfamilie ES800 ist der ETAS Drive-Rekorder ES820. Er ersetzt einen Laptop oder einen INCA-PC in Fahrzeugen und zeichnet über 22 Stunden lang sämtliche Daten und Signale aus Steuergeräten, Bussen, Netzwerken, Sensoren und Messgeräten auf.



### Signalverläufe schneller visualisieren

Mit EHANDBOOK stellt ETAS ein interaktives Tool bereit, in dem intelligente Suchfunktionen aufwändiges Nachschlagen ersetzen. Ingenieure können sich damit im Handumdrehen einen Überblick über die Funktionen und Signalverläufe eines Steuergeräts verschaffen. Bisher in tausenden Seiten schlummerndes Wissen wird lebendig und für alle Beteiligten effektiv nutzbar.

# VERIFIKATION FÜR SCHNELLEN EINSATZ

Die Verifikationsanforderungen an moderne System-on-Chip-Designs (SoC) wachsen mit der Komplexität von Hard- und Software. Damit Entwicklungsteams aggressive Zeitpläne in Anwendungsbereichen wie Smartphones, drahtlose oder verkabelte Netzwerke, Server- und Edge-Knoten-Designs für das Internet der Dinge (IoT) erfüllen können, sind schnelle Ergebnisse unerlässlich.

**TEXT:** Frank Schirrmeister, Cadence **BILDER:** Cadence

Angesichts der aktuellen Trends werden die Entwicklungsanforderungen für SoC-Designs in den kommenden Jahren durch die steigende Komplexität der fortgeschrittenen Prozesstechnologien, einer Kombination verschiedener Komplexitätsbereiche bei sehr großen SoCs, die mit erheblichen Investitionen verbunden sind, sowie von kleineren IoT-Designs wie zum Beispiel für Edge-Knoten, angetrieben. Die Entwickler verwenden im Durchschnitt 180 IP-Blöcke und immer komplexere Subsysteme in Kombination von Software und Hardware.

Sie müssen sich mit immer mehr und kleineren Speicherblöcken auseinandersetzen, verwenden mehr als 80 Prozent der SoCs aus schon existierenden oder lizenzierten Blöcken und investieren mehr als 60 Prozent des Entwicklungsaufwandes für Software, die Multicore-Prozessoren unterstützen muss und zudem über verschiedene Prozessoren zu verteilen gilt. Komplexe Interconnect-Strukturen mit Cache-Kohärenz, strenge Verlustleistungsanforderungen, ein wachsender Anteil von analogen und gemischten Signalen auf einem Chip plus eine steigende Bedeutung von anwendungsspezifischen Anforderungen, tragen erschwerend zu den Chip-Design-Herausforderungen bei.

Um diese Vielzahl von Aufgaben zu bewältigen, benötigen Anwender die am besten passenden Entwicklungswerkzeuge für ihre jeweiligen Tätigkeiten – typischerweise eine Kombination der formalen Verifikation, Simulation, Emulation und FPGA-basiertem Prototyping.

Ein SoC mit komplexen Prozessor-Subsystemen, kundenspezifischen Beschleunigern, externen Schnittstellen und komplexen Verbindungs- und Busstrukturen ist mit einer Umgebung verbunden, die entweder physisch oder virtuell modelliert sein kann. Zur Verifikation auf der IP- und Subsystem-Ebene werden Tests in SystemVerilog, e, VHDL, SystemC oder UVM geschrieben und über Verifikations-IP (VIP) mit dem zu verifizierenden Design verbunden. Die Tests für die Verifikation auf der SoC-Ebene können automatisch als portabler Stimulus, mit der vom Accellera Standardisierungsausschuss definierten Technologie, generiert und auf den Prozessoren, die sich bereits im SoC befinden, als Software ausgeführt werden.

## Moderne Verifikationsabläufe

Die Verifikation wird auf vier zentrale Entwicklungswerkzeuge ausgeführt – statisch mit formaler Verifikation und dynamisch mit Simulation, Emulation und FPGA-basiertem Prototyping. Alle diese Entwicklungswerkzeuge haben, jedes für sich, unterschiedliche Vor- und Nachteile, wie Ausführungsgeschwindigkeit, Sichtbarkeit für das Debugging, Genauigkeit und die Möglichkeit nicht implementierbare Verhaltenstests auszuführen. Im besten Fall werden alle zugehörigen Module über eine zentrale Verifikations-Management-Umgebung gesteuert, die einen Verifikationsplan ausführt und Coverage-, Performance- und Debug-Informationen von allen Modulen sammelt. Um die Verifikationsproduktivität weiter zu verbessern, können die verschiedenen Module kombiniert werden.

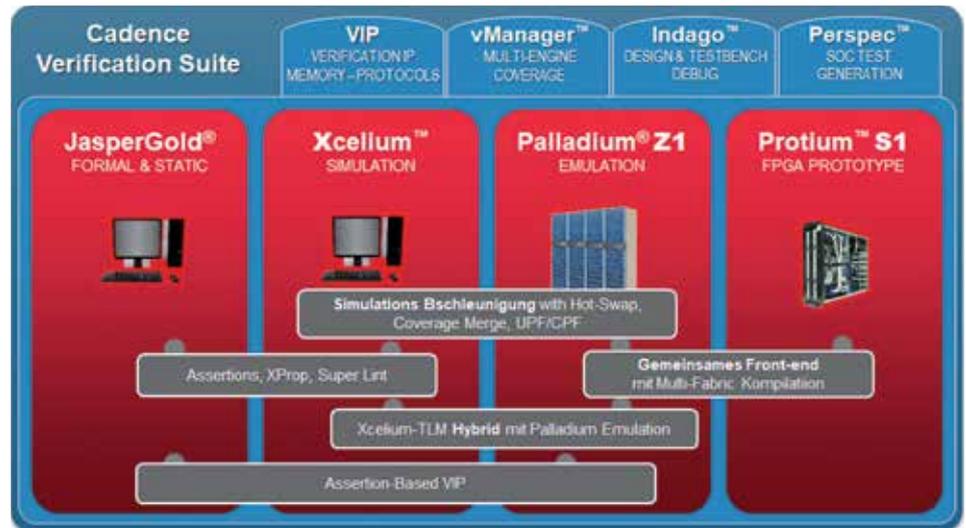


Abbildung 1: Eine Übersicht zu heute schon existierenden Integrationen in der Cadence Verification Suite

Die Entwickler suchen zudem nach der Möglichkeit, während eines Projektes möglichst viel von ihrer Verifikationsumgebung wieder zu verwenden. Dies geschieht von Phase zu Phase und oft sogar in Kombination mit dem tatsächlichen Silizium.

## Verbesserung von Entwicklungswerkzeugen

Für die formale Verifikation sind „Proof Capacity“ und „Proof Success Rate“ die wichtigsten Parameter. In 2017 allein sahen wir eine Verbesserung um das 1.7-fache bei Gattern/Sekunde mit 44 Prozent reduziertem Speicheraufwand für die Front-End-Kompilation, das 1.4-fache bei Eigenschaften/Sekunde für die Kompilation und eine um den Faktor 1.3 höhere „Proof Success Rate“.

Die Schlüsselparameter für die Simulation umfassen Kompilationszeit und Simulationsgeschwindigkeit sowie die Möglichkeit, die Simulation auf einzelnen und mehreren Prozessoren auszuführen. Abhängig von der Art des Designs wurde in den letzten 6-9 Monaten für die Einzel-Prozessor-Simulation die Geschwindigkeit um einen Faktor 1.4 bis hin zum Faktor 2.5 verbessert. Die Geschwindigkeit der Multi-Core-Ausführung konnte bis zu einem Faktor 6 auf der RTL-Ebene und bis zu einem Faktor 8 auf der Gatter-Ebene verbessert werden.

Für die Emulation sind die Schlüsselparameter Kapazität, Kompilationszeit und das Debugging. Das Hauptziel der Emulation besteht darin, die Hardware zu debuggen. Eine vorher-sagbare schnelle Kompilationszeit ist zwingend notwendig, da

das Design aufgrund von neuen RTL-Bug-Fixes mindestens einmal über Nacht aktualisiert werden muss; manche Kunden verlangen sogar mehrere Aktualisierungen pro Tag. Weiterhin ist eine hohe Kapazität auf SoC-Level erforderlich, da IP-Level-Simulationen in der Regel bereits schnell genug laufen. Für einen vollständigen Debug ist es erforderlich, vollständige Traces von Transaktionen erstellen zu können sowie umfangreiche Laufzeit-Debug-Kontrollen zu ermöglichen. Erst vor kurzem wurde die Kompilierungszeit um bis zu einem Faktor 3 erhöht und lag damit über den bereits schnellen 140 Millionen Gattern pro Stunde, die durch den Einsatz von parallelen Kompilierungstechniken erreicht wurden.

## Fokus liegt auf der Software-Entwicklung

Für FPGA-basierte Prototypen sind die wichtigsten Parameter Geschwindigkeit und Kosten. Da das Design bereits stabil ist und in der Regel nur noch alle 1-2 Wochen aktualisiert werden muss, spielen Kompilierungszeit und Hardware-Debug eine kleinere Rolle, da der Fokus hier auf der Software-Entwicklung liegt. Dennoch dauerte die Entwicklung von klassischen, manuell entwickelten Prototypen oft Monate. Ein wesentlicher Durchbruch in den letzten zwei Jahren bot die Möglichkeit eine Kompilierung der Emulation wiederzuverwenden und somit die Zeit bis zum funktionalen Prototypen von Monaten auf wenige Wochen oder sogar Tage zu reduzieren. Die Geschwindigkeit von FPGA-basierten Prototypen ist von entscheidender Bedeutung, da das Software-Debug längere Simulationsläufe erfordert. Die Kosten spielen für Entwick-



Abbildung 2: Die Kombination der zentralen Entwicklungswerkzeuge ist die Multi-Fabric-Kompilierung. Sie kann sowohl für Emulation als auch FPGA-basierte Prototypen für klassische ICE-Anwendungen benutzt werden.

ler auch eine große Rolle, da Prototypen für viele verschiedene Softwareentwickler repliziert werden müssen. Während in der Vergangenheit Entwickler von FPGA-basierten Prototypen bereit waren, die Größe der Designs so zu reduzieren, dass sie in FPGAs passten, sehen wir indes einen Trend hin zu SoC-Level-Prototypen, da immer mehr Software-Komplexität in Kombination mit der Hardware auf SoC-Ebene verifiziert werden muss.

### Simulationsbeschleunigung für schnellen Test

Nach der sogenannten In-Circuit-Emulation (ICE), das am meisten verbreitete Benutzungsmodell der Emulation, ist die Verbindung von RTL-Simulation und Emulation, die sogenannte Simulationsbeschleunigung, das zweithäufigste angewandte Benutzungsmodell zur Erzielung einer beschleunigten Ausführung. Das zu testende Design befindet sich dabei im Emulator und die Tests auf dem Host. Die Geschwindigkeit wird durch die Ausführung der Tests auf dem Host bestimmt. Die Anwender berichten in der Regel über eine 200- bis 300-fache Beschleunigung im Vergleich zu einer puren Simulation.

Eine Variante der Simulationsbeschleunigung, in der Simulation und Emulation parallel ausgeführt werden, bietet die Hot-Swap-Funktion mit der Möglichkeit, für eine bestimmte Zeit im Simulationsmodus zu laufen, diesen dann zu stoppen und zur Emulation zu wechseln. Broadcom hat einen Ansatz für die Beschleunigung auf der Gatter-Ebene beschrieben in dem mittels Emulation ohne Timing zu dem Punkt der Aus-

führung simuliert wird der genauer angeschaut werden muss. Dann wird mit Hot-Swap zurück in den Simulator gewechselt, in dem dann die Ausführung mit Timing fortgesetzt werden kann. Eine weitere geschickte Kombination der zentralen Entwicklungswerkzeuge ist die Multi-Fabric-Kompilierung, die sowohl für Emulation als auch FPGA-basierte Prototypen für klassische ICE-Anwendungen benutzt werden kann. Damit können Anwender sich jetzt von den Nachteilen klassischer, manueller FPGA-basierter Prototypen verabschieden, und mehrere Monate von Umkodierung des RTL, Neumodellierung der Speicherbeschreibungen und dem komplexen Management der Clocks im Design einsparen. Die Entwickler können nun den gleichen Flow für Emulation und FPGA-basierte Prototypen verwenden, wie auch zuletzt NVIDIA in einer Präsentation: „Push-Button Prototyping in Days vs. Months“ demonstriert hat.

### Ausblick

Während die Verbesserungen der zentralen Entwicklungswerkzeuge für die Verifikation enorm wichtig sind, wird die nächste Produktivitätsstufe in der SoC-Verifikation durch intelligente Kombinationen der zentralen Entwicklungswerkzeuge, in Verbindung mit einer Verifikationsumgebung für deren effiziente Integration, erreicht. Einige Integrationen sind heute schon vorhanden, viele weitere sind möglich.

Weitere Informationen zu Cadence finden Sie im Business-Profil auf Seite 17.

# DIGITALE ZUKUNFT FORDERT AGILITÄT

Die digitale Zukunft verändert nicht nur Technologien und Produkte. Auch die Art und Weise, wie diese entwickelt und produziert werden müssen, hat sich drastisch gewandelt. An dem Einsatz agiler Entwicklungsmethoden führt kein Weg mehr vorbei.

TEXT: Johan Karlsson, Perforce Software BILDER: Perforce Software

Entwicklerteams, die über den Globus verteilt an neuen Produkten arbeiten, Software und Hardware, die stimmig miteinander kombiniert werden will, neue Technologien, die für das Produkt berücksichtigt werden müssen – im Zeitalter der Digitalisierung steigt die Komplexität von Produktentwicklungsprozessen unaufhaltsam an. Nicht zuletzt durch den Siegeszug des Internets der Dinge mausert sich Software für viele Unternehmen mehr und mehr zum Kerngeschäft, anstatt weiterhin ein Schattendasein als reiner Kostenfaktor zu fristen. So hat sich in den vergangenen Jahren auch die Größenordnung von Entwicklungsprojekten drastisch verändert: Bis zu hundert Software-Teams, die an der Entwicklung eines einzigen Produkts beteiligt sind, sind heute keine Seltenheit mehr. Damit dies gelingen kann, sind solide Planungs- und Kontrollmechanismen unerlässlich.

Doch nicht nur die Produktentwicklung selbst, auch die Gegebenheiten am Markt sind längst nicht mehr mit analogen Zeiten zu vergleichen. Schnellere Markteinführungszeiten, individuellere Produkte – wer in Zeiten der Digitalisierung am Markt bestehen will, muss sich an die veränderte Erwartungshaltung seiner Kunden anpassen. Nicht zuletzt auf Grundlage ihres privaten Konsum- und Mediennutzungsverhaltens setzen diese heutzutage geradezu voraus, maßgeschneiderte Produkte in immer kürzeren Fertigungs- und Bereitstellungszyklen zu erhalten. Dies wiederum verlangt Unternehmen nahezu dieselbe Flexibilität in ihrer Entwicklung ab, die Kunden bei den

Produkten selbst erwarten. Mit starren Vorgaben und strengen Kontrollmechanismen lässt sich dies freilich nur schwer vereinbaren. Für Unternehmen ein Konflikt, den es aufzulösen gilt.

## Lineare Entwicklung: Verlässlich, aber starr

Bis vor wenigen Jahren herrschten in einem Großteil der Produktentwicklungsabteilungen traditionelle Entwicklungsszenarien vor, mit denen sich Anforderungen wie eine hohe Transparenz auf den einzelnen Prozessstufen und nahtlose Dokumentation der Gesamtabläufe optimal sicherstellen ließen. Im Rahmen des klassischen Waterfall-Modells beispielsweise werden Produkte linear entwickelt, die notwendigen Entwicklungsschritte werden der Reihe nach durchlaufen. Entsprechend sind Weg und Ziel bereits zu Beginn des Prozesses definiert, Aufgaben und Zuständigkeiten lassen sich klar verteilen, durchgeführte Schritte sauber und nahtlos dokumentieren.

Auf der anderen Seite entsteht im Zeitverlauf jedoch ein immer größeres, ungetestetes Produkt. Mit fortschreitender Entwicklung erhöht sich somit auch das verbundene Risiko graduell: Kritische Fehler aus frühen Entwicklungsstufen können sich im schlimmsten Fall durch das gesamte Projekt ziehen. Eine Rückverfolgung der entsprechenden Fehlerursachen am Ende ist dann oft nur mit hohem Aufwand zu bewerkstelligen, die Behebung entsprechend komplex. Darüber hinaus fin-

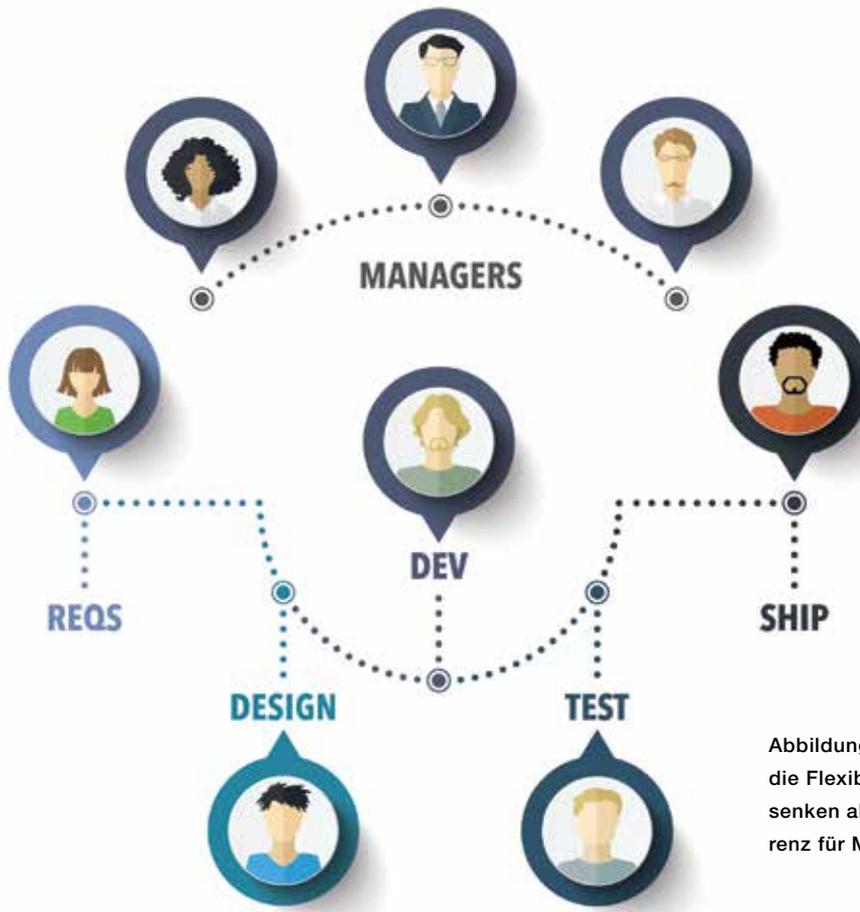


Abbildung 1: Agile Methoden erhöhen die Flexibilität der Entwicklung. Diese senken aber oftmals auch die Transparenz für Manager.

det die Markteinführung bezogen auf den Entwicklungsbeginn vergleichsweise spät statt. In unserer heutigen, schnelllebigen Zeit haben sich die Anforderungen und Wünsche der Kunden in der Zwischenzeit vielleicht längst weiterentwickelt.

### Agile Entwicklungsmethoden

Gerade diese Nachteile haben in jüngster Vergangenheit zu einem regelrechten Aufschwung agiler Entwicklungsmethoden geführt und diese zunehmend in Entwicklungsabteilungen etabliert. Im Gegensatz zu linearen Vorgehensweisen werden bei agilen Methodiken wie Scrum oder Kanban Produkte deutlich kleinschrittiger geplant, entwickelt und getestet. Der entsprechende Prozess wird dabei immer wieder zyklisch wiederholt. Dadurch können Fehler bereits früh entdeckt und behoben werden, während gleichzeitig Zielsetzung und Kundenanforderungen immer wieder reflektiert und damit flexibler auf neue Gegebenheiten oder Veränderungen hin angepasst werden können.

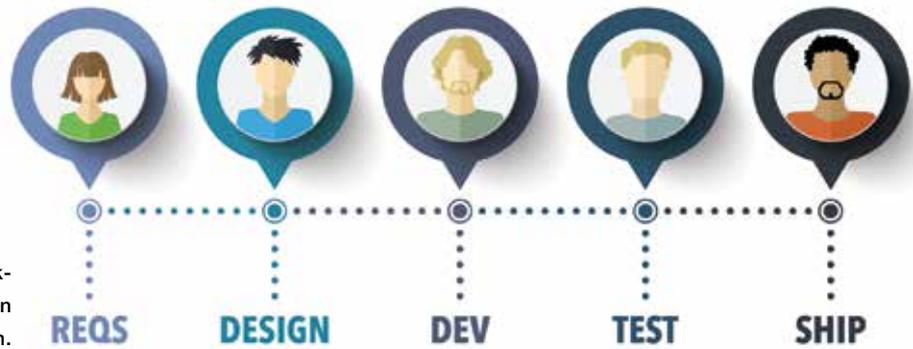
Während sich Markteinführungszeiten auf diese Weise oft deutlich beschleunigen lassen, die entwickelte Lösung genauer

und dynamischer auf die Anforderungen der Kunden zugeschnitten und das mit der Entwicklung verbundene Risiko geringer gehalten werden kann, stellen agile Vorgehensweisen jedoch nicht selten auf Managementebene eine Herausforderung dar. In vielen Fällen werden entsprechende Projekte bislang kaum als unternehmensweite Initiativen behandelt. Vielmehr verbleiben sie auf der Ebene der einzelnen Entwickler. Die Folge: Weniger Transparenz für Manager und Projektleiter.

### Bruch zwischen Mikro- und Makro-Ebene

Genau diese wäre jedoch die Voraussetzung dafür, bei Bedarf steuernd und korrigierend einzugreifen. Gerade kostspielige Elektronikprojekte erfordern meist bereits zu Beginn einen granular definierten Entwicklungsplan – sowohl bezüglich der Art und Weise der Erfüllung der Kundenwünsche als auch in Bezug auf die zeitliche Fertigstellung –, um überhaupt eine Freigabe von den Geldgebern zu erhalten. Eine dynamische, ungeplante Anpassung des Produkts im Entwicklungsverlauf ist dabei weder gewünscht noch möglich. In Szenarien, in denen sich Entwickler selbst organisieren, sich auf ihre Ziele und Prozesse selbst einigen, ist damit eine zentrale Kontrolle

Abbildung 2: Bei klassischen Entwicklungsmodellen werden die einzelnen Stufen linear durchlaufen.



wichtiger denn je: Als übergeordnete Steuerungsinstanz müssen Projektleiter das große Ganze im Blick behalten und in der Lage sein, kontinuierlich zu prüfen, ob nach wie vor das richtige Produkt entwickelt wird und dies auf eine effiziente und wirtschaftliche Art und Weise geschieht.

Aufgrund der hohen Autonomie der Teams sowie der hohen Änderungsgeschwindigkeit und -häufigkeit ist es für diese in agilen Projekt jedoch oft schwer, sich einen genauen und aktuellen Überblick über den Stand der verschiedenen Projekte zu verschaffen. Zwischen der Mikro-Ebene der Entwickler sowie der Makro-Sicht der Manager kommt es zum Bruch.

Gerade in sensiblen Elektronikbranchen bringt die fehlende Transparenz darüber hinaus noch weitere, kritische Folgen mit sich: Strenge Regulierungen erfordern in vielen Fällen eine lückenlose Nachverfolgbarkeit und Dokumentation aller Prozesse. Ohne sie lässt sich im Ernstfall nicht belegen, dass alle ursprünglichen Anforderungen auch tatsächlich im finalen Produkt eingehalten und umgesetzt wurden.

## Ziel: Hybride Entwicklungsmethodik

Um den Konflikt zwischen dynamischer und flexibler Entwicklung auf der einen Seite und der Sicherstellung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit auf der anderen aufzulösen, ist es in vielen Fällen sinnvoller, mithilfe geeigneter Vorgehensweisen eine hybride Entwicklungsmethodik zu schaffen, die aus Teilen der agilen Methode Scrum, Kanban oder anderen Ansätzen für Lean Development sowie traditionellen Projekt-Management-Modellen bestehen kann. In der Praxis lässt sich eine solche Kombination beispielsweise mithilfe einer

Software-Lösung umsetzen, die eine parallele Nutzung beider Vorgehensweisen unterstützt. Entsprechend können agile und klassische Elemente unter einer einheitlichen Oberfläche zusammengeführt werden, sodass der Abstimmungsaufwand zwischen agilem und traditionellem Vorgehen möglichst gering bleibt.

Auf diese Weise sind Projektleiter und Manager in der Lage, jederzeit den aktuellen Stand der verschiedenen Projekte im Auge zu behalten – von der obersten Aggregationsstufe bis auf die Ebene der Einzelprojekte hinunter. Damit ist sowohl eine Makro- als auch Mikrosicht auf die Entwicklungsaktivitäten sichergestellt. Gleichzeitig bietet der einheitliche Datenfundus die Möglichkeit, auf Basis von Auswertungen und Analysen fundierte Entscheidungen im Entwicklungsprozess zu treffen, die sich bei einem separaten Nebeneinander unterschiedlichster Vorgehensweisen nur mit hohem Aufwand bis gar nicht bewerkstelligen lassen.

## Kurs halten im digitalen Zeitalter

Durch die Kombination von traditioneller und agiler Methodik können Elektronikhersteller von den Vorteilen beider Welten profitieren: einer dynamischen und innovativen Entwicklung einerseits und einer verlässlichen Struktur, lückenloser Dokumentation sowie Regelkonformität andererseits. Aspekte, die für eine kundenindividuelle und wirtschaftliche Entwicklung im digitalen Zeitalter unerlässlich geworden sind. Mit einer soliden, hybriden Entwicklungsstrategie lassen sich die richtigen Voraussetzungen schaffen, im veränderten Marktumfeld der heutigen Zeit bestehen zu können – und das Projektschiff auf direktem Kurs ans Ziel zu steuern. □

# FLEXIBLE PLATTFORM FÜR SMARTE AUTOS

Das Fahrzeug der Zukunft ist vernetzt, umweltverträglich und in der Lage, das Steuer zu übernehmen. Dafür müssen elektronische Fahrzeugsysteme lernen, die Umwelt wahrzunehmen und darin zu agieren. Damit die Komplexität beherrschbar bleibt, hat Etas die neue Plattform Cosym entwickelt.

**TEXT:** Jürgen Häring, Deepa Vijayaraghavan, Kosmas Petridis, Etas **BILD:** Etas

Schon die Entwicklung emissionsarmer, elektrifizierter Antriebe ist komplex. Doch die Automobilindustrie hat sich sehr viel mehr vorgenommen: Das Fahrzeug der Zukunft soll umweltverträglich, digital vernetzt und autonom sein. Diese Ziele sind nur zu schaffen, wenn es einen Paradigmenwechsel in der Fahrzeugentwicklung gibt. Entwickler müssen enger zusammenarbeiten und brauchen dafür neue Möglichkeiten, um das komplexe Verhalten verteilter Funktionen simulieren und deren Sicherheit und Zuverlässigkeit in der gebotenen Tiefe und Breite testen zu können. Diese Absicherung kann nicht nur auf Testfahrten und konventionellen Hardware-in-the-Loop (HiL)-Tests gründen. Vielmehr sind leistungsfähige Umgebungen erforderlich, um vernetzte Systeme virtuell nachzubilden und in Simulationen erproben zu können – auch in Kombination mit realen Komponenten und mit Entwicklungsartefakten aus den verschiedensten Quellen. Sensorik, Datenkommunikation, Antrieb, Lenkung und Fahrwerk müssen ebenso nachgebildet werden, wie Fahrdynamik, Wegstrecken, Topographie, Wetter- und Lichtverhältnisse oder andere Verkehrsteilnehmer und Car-to-X-Kommunikation.

Diese unvollständige Aufzählung verdeutlicht den Umfang der Aufgabe. Und sie macht klar, dass auf Fahrzeugsoftware und ihre Entwickler hochkomplizierte Aufgaben zukommen. Zumal die Logik komplexer Funktionen häufig auf mehrere

vernetzte Steuergeräte verteilt ist. Um eine solche heterogene Systemwelt nachzubilden, braucht es offene und skalierbare Simulationsplattformen.

## Kosten- und Zeitaufwand senken

Bisher erfolgen Model-, Software- und Hardware-in-the-Loop-(MiL-, SiL- und HiL-)Tests meist sequentiell, wobei jeweils unterschiedliche Abteilungen aus verschiedenen Bereichen von Entwicklung und Qualitätssicherung federführend sind. Die Evaluierung von neuen Fahrzeugfunktionen erfolgt durch die Modellierung ihres Verhaltens in MiL-Umgebungen. So validierte Steuergerätefunktionen werden anschließend auf Softwarekomponenten abgebildet und in SiL-Umgebungen getestet, wobei virtuelle Steuergeräte den Kosten- und Zeitaufwand senken.

Da sie unabhängig von Hardwareprototypen verfügbar sind und sich ohne zusätzliche Kosten vervielfältigen lassen, werden sie zunehmend auch in HiL-Tests eingesetzt. Diese beinhalten umfassende Gesamtsystemtests bis hin zur Validierung der kompletten E/E-Architektur. Typischerweise setzen Testingenieure an HiL-Prüfständen auf andere Simulationen als Funktions- und Softwareentwickler in ihren MiL-/SiL-Umgebungen. Um komplexe Systeme künftig schnell und effizient

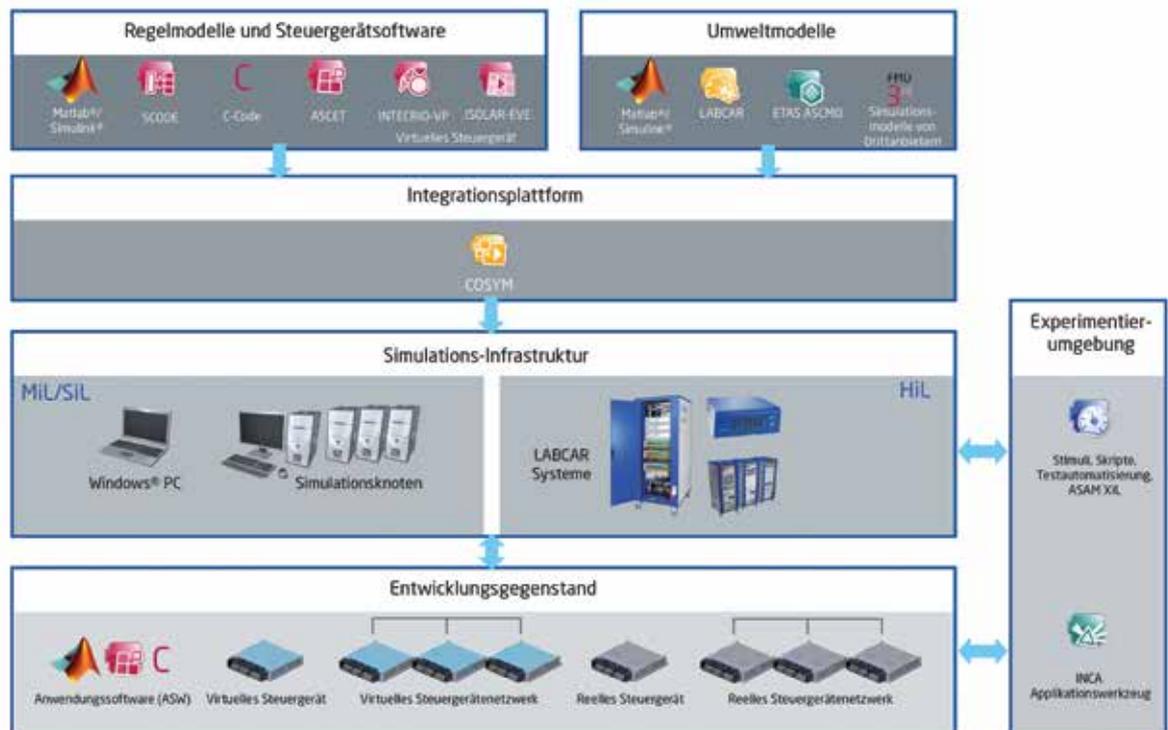


Abbildung 1: Bei der Entwicklung komplexer Systeme müssen viele Komponenten miteinander verbunden werden. Cosym spielt hierbei eine zentrale Rolle.

zur Marktreife zu bringen, braucht es enger verzahnte, agilere Abläufe. Das schließt ein, nur die Testfälle an kostenaufwendigen HiL-Prüfständen durchzuführen, bei denen dies zwingend nötig ist. Tests, die mit der MiL-/SiL-Methodik am PC machbar sind, sollten genau dort erfolgen. Die Voraussetzung sind auch hier skalierbare Systemsimulationen, die in MiL/SiL- und in HiL-Tests nutzbar sind.

## Durchgängige Systemsimulationen

Gefragt ist der Wandel hin zu agilen Prozessen und zu fließenden Übergängen zwischen Entwicklung und Test. Softwarekomponenten sind hierbei meist Bestandteile einer verteilten Funktion, an deren Entwicklung Teams diverser Unternehmen mitwirken. Für das Testen solcher Funktionen sind hochdurchlässige Lösungen für die kontinuierliche Integration und Validierung erforderlich.

Neue und vorhandene Tools müssen in solch einer Umgebung ebenso kompatibel sein wie Simulationsmodelle und Konfigurationen. Zudem brauchen Entwickler die Möglichkeit, Artefakte früherer Entwicklungsschritte und Projekte weiter- und wiederzuverwenden. Solche ineinandergreifende Abläufe setzen leistungsfähige Umgebungen zur Generierung virtueller Steuergeräte voraus. Benötigt werden praktikable

Werkzeuge für die Integration und Konfiguration von modularen Systemmodellen und skalierbare Plattformen zur flexiblen Ausführung der Simulationen. Wichtig ist, dass etablierte Modellierungsumgebungen unterschiedlicher Anbieter und bereits vorhandene Fahrzeug- und Umgebungsmodelle nutzbar bleiben. Einzelne Systembestandteile müssen ebenso wie vernetzte Gesamtsysteme simulierbar sein. Mal kann hierfür ein gewöhnlicher Windows-Laptop genügen. Mal muss eine Multi-Echtzeitrechnerstruktur eines umfangreichen Netzwerk-HiL-Systems her. Kurz: Wirklich zukunftssicher ist nur eine Plattform, die maximale Flexibilität bietet.

Flexibilität ist jedoch angesichts der Unterschiede im Zeitverhalten von MiL-/SiL- und HiL-Tests sowie der heterogenen Schnittstellenlandschaft eine Herausforderung. Aber es gibt eine Basis: Standards wie FMI, ACOSAR und AUTOSAR sowie standardisierte Protokolle der LIN-, CAN-, FlexRay-Busse und Automotive-Ethernet-Netzwerke. Strecken- und Funktionsmodelle lassen sich damit ebenso koppeln wie Steuergerätenetzwerke. Ergänzend bedarf es relevanter Schnittstellen und Protokolle zur Integration domänenspezifischer Streckenmodelle und Steuergerätefunktionen. Für die Automatisierung von Testabläufen sind geeignete Testautomatisierungsschnittstellen wünschenswert – etwa die von ASAM standardisierte XIL API.

Auf den genannten Standards baut die offene Simulationsplattform Etas Cosym auf. Im Kern ermöglicht sie durchgängige MiL-/SiL-/HiL-(XiL-)Tests von Systemen unter besonderer Berücksichtigung von Steuergerätenetzwerken. Dafür bietet Cosym eine ganze Palette effizienter Werkzeuge: So können Entwickler durch den Import von Strecken-, Funktions- und Restbusmodellen sowie deren Signalverknüpfung Systemmodelle erstellen und virtuelle Netzwerke einrichten, in denen die virtuellen und physikalischen Steuergeräte verknüpft sind. Der Vorteil: Statt nur Signale von Modellen zu koppeln, bilden die Netzwerke auch die Netzwerkkommunikation ab. Virtuelle ECUs aus Etas Isolar-Eve werden auf Mikrocontrollerabstraktionsebene statt auf Applikationssoftwareebene in Cosym angebunden.

### Plattform ermöglicht durchgängige Tests

So sind die Simulationen viel genauer. Daneben bietet Cosym ein Konfigurationswerkzeug für MiL-, SiL- und HiL-Umgebungen – jeweils abhängig von der Ausführungsplattform und dem Zeitverhalten (Echtzeit oder synchron zur Zeitskala der Simulation). Auch die bewährte Etas-Experimentierumgebung lässt sich verwenden. Und obendrein ebnet die Plattform den Weg zur Automatisierung über die XiL-API oder eine native REST-Schnittstelle, welche eine moderne softwaretechnische Anbindung von „Continuous-Integration“-Umgebungen ermöglicht.

Cosym basiert auf modernster Softwaretechnologie mit konsequenter Trennung von Services und Benutzerführung. Die gut dokumentierte REST-Schnittstelle zu den Services lässt eine einfache Integration in eigene Benutzerführungen zu. Auch eine web-basierte Benutzerschnittstelle ist Standard. Dank der konsequent serviceorientierten Architektur ist auch die Einbindung von Cosym in integrierte Entwicklungsumgebungen wie Eclipse völlig unproblematisch.

Cosym ist eine leistungsfähige, offene Plattform, die Tests und Validierungen verteilter Funktionen und vernetzter, eingebetteter Systeme im Fahrzeug möglich macht. Ihre Einführung erfolgt in drei Schritten. Seit Ende 2017 steht Cosym für die Etas Labcar-HiL-Systeme zur Verfügung. Hier dient

sie der Vorverlagerung von HiL-Tests in virtuelle Umgebungen. Es lassen sich unter anderem Streckensimulationen der Labcar-Model-Familie verwenden. Wo virtuelle statt physikalischer Steuergeräte oder geeignete Funktionsmodelle zum Einsatz kommen, ist schon so die Virtualisierung des Gesamtsystems möglich.

### Markteinführungsszenario und Ausblick

Beim aktuellen zweiten Schritt ist die Integration virtueller Netzwerke für gängige Fahrzeugbusse umgesetzt. Für die Anwendungsfälle MiL und SiL werden auch virtuelle Zeitskalen als Alternative zur Echtzeitsimulation unterstützt. Dies ermöglicht zum einen die Durchführung von Tests mit genaueren, aber dafür meist nicht echtzeitfähigen Simulationsmodellen, zum anderen aber auch eine schnellere Berechnung als Echtzeit bei der Verwendung von beispielsweise Modellen aus dem HiL-Umfeld.

Im dritten Schritt schafft Etas schließlich die Voraussetzungen für die Kalibrierung komplexer Systeme in virtuellen Umgebungen. Besonderes Augenmerk liegt hier auf Emissionen von Antrieben im tatsächlichen Fahrbetrieb (Real-Driving Emissions). Auch lassen sich ADAS- und Fahrautomatisierungsfunktionen im virtuellen Rahmen anpassen und trainieren.

Mittelfristig wird Etas die Cosym-Plattform für die Ausführung auf leistungsfähigen Serverinfrastrukturen in Unternehmen („on-premises“) oder in der Cloud ausbauen. Mit Blick auf die datenintensive Entwicklung im Bereich des autonomen Fahrens liegt zudem ein Entwicklungsschwerpunkt auf Big-Data-Lösungen, mit denen Entwickler schnell die relevanten Mess- und Simulationsdaten aus großen Datenbeständen filtern können. Mit all diesen Leistungsmerkmalen sorgt Cosym dafür, dass moderne Fahrzeugsysteme umfassend und effizient während des gesamten Entwicklungszyklus validiert werden können, damit die Zukunft des Automobils sicher auf die Straße kommt.

Weitere Informationen zu Etas finden Sie im Business-Profil auf Seite 25.

# PROTOTYPING

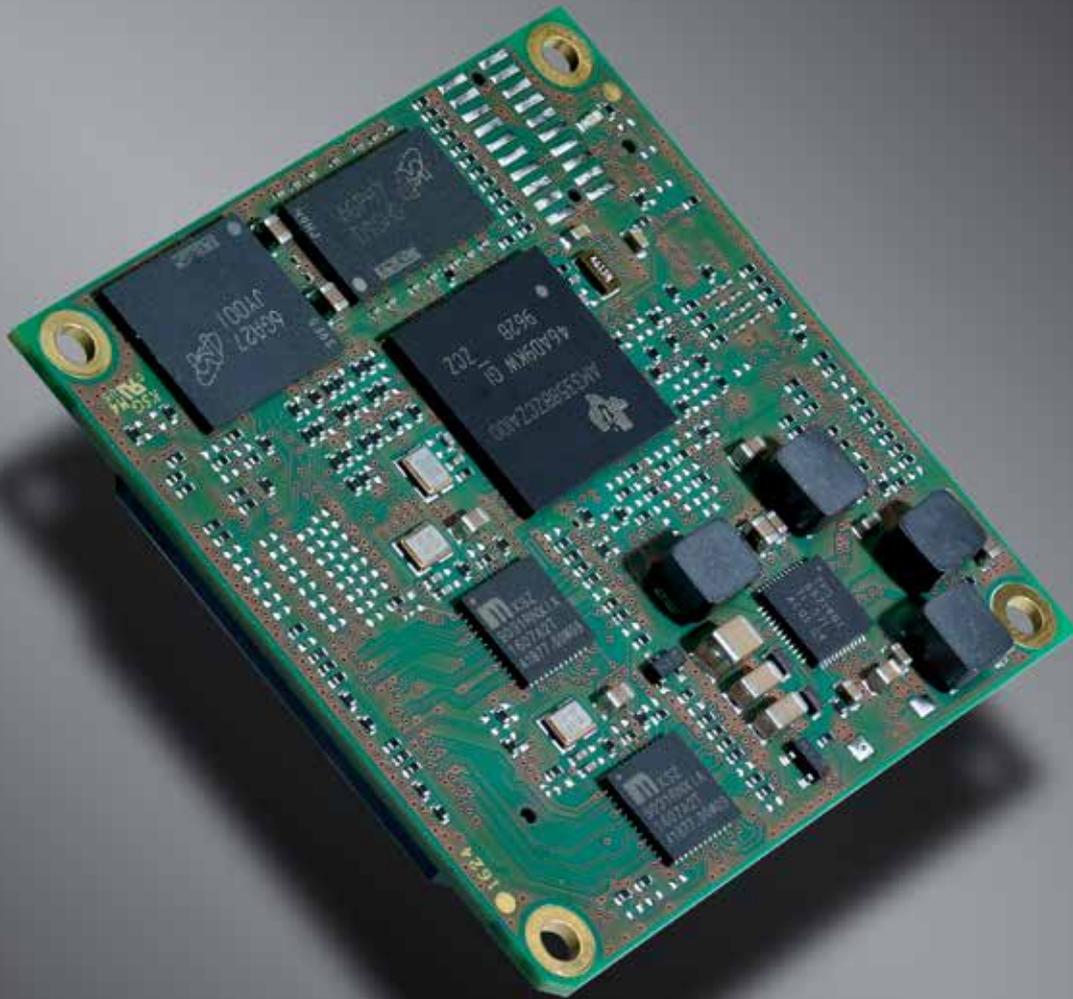


BILD-SPONSOR: TURCK DUOTEC

## 116 Im Rampenlicht

Turck Duotec

---

## 118 Gastkommentar

Arthur Rönisch, Turck Duotec

---

## 119 Onboard-Kommunikation

Andreas Lipowsky, Lipowsky Industrie-Elektronik

---

## 122 Sensorik für autonomes Fahren

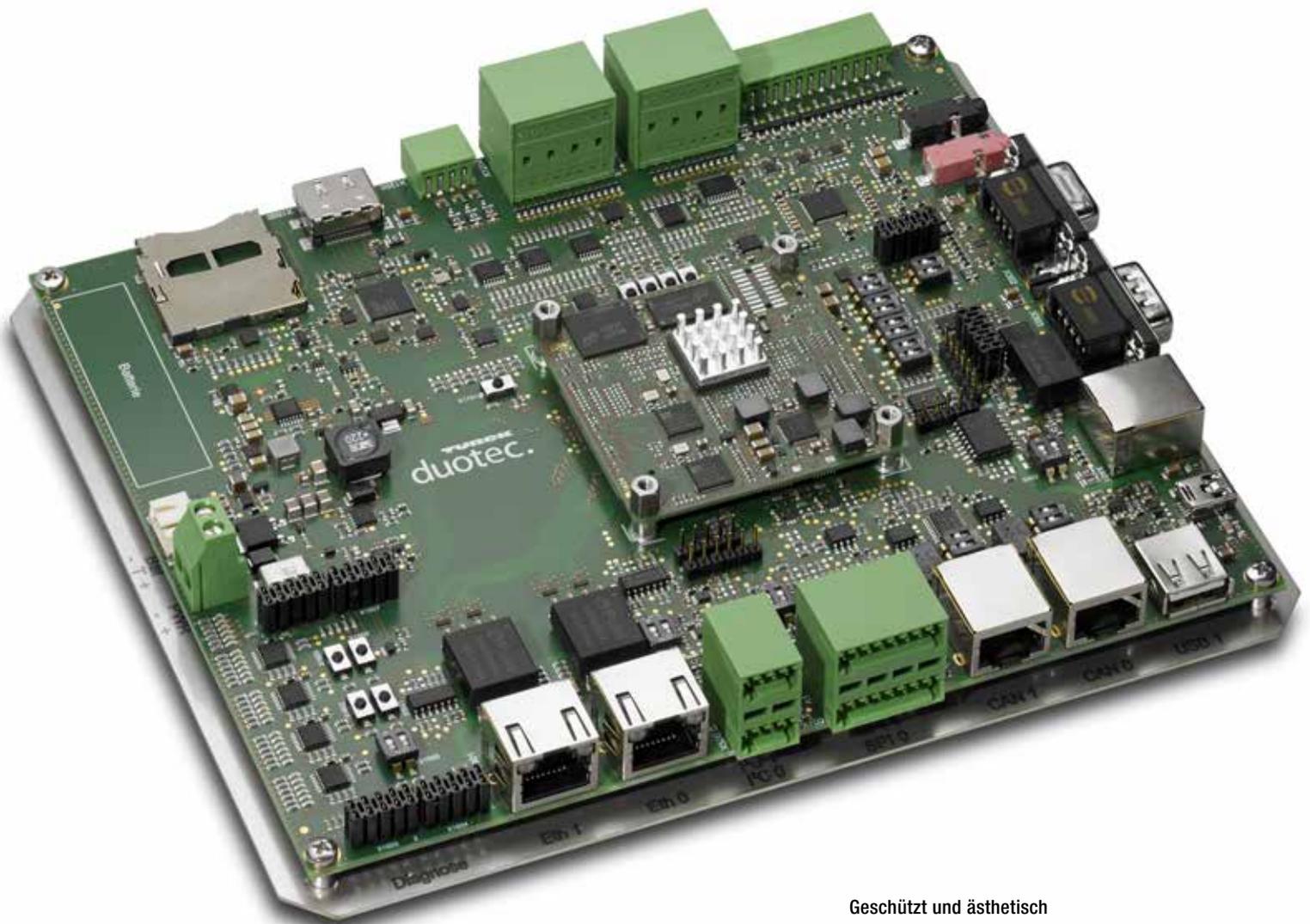
Thomas Dörfler, Embedded Brains

---

# IM RAMPENLICHT

Beim Design von Elektronikgeräten kommt es nicht mehr nur auf die Funktionen, sondern auch auf die Verpackung an. Passende Gehäuse schützen das Innenleben und geben dem Gerät ein unverwechselbares Aussehen. Die Produkte von Turck Duotec zeigen, was dabei möglich ist.

TEXT: Turck Duotec BILDER: Turck Duotec, Emamidesign



## Geschützt und ästhetisch

Das Produktdesign spielt eine immer wichtigere Rolle, auch im industriellen Umfeld. Empfindliche Elektronik muss deshalb nicht nur funktional sein, sondern auch sicher und ästhetisch verpackt werden.



**Feuchtigkeit und Erschütterung widerstehen**  
Klassische Kunststoffgehäuse, wie hier beim duoSol-I-xCom, schützen die Elektronik vor Umwelteinflüssen wie Feuchtigkeit oder Erschütterung. Die Gestaltungsfreiheit ist dabei sehr groß.



#### **Kreativität**

Bei Produktdesign sind der Kreativität keine Grenzen gesetzt, wie diese Design-Variation von Emamidesign beweist: Elegant, futuristisch, rund oder eckig - Kunststoffgehäuse können beinahe jede gewünschte Form und Farbe annehmen.

# FUNKTION UND ÄSTHETIK VON GEHÄUSEN

Die reine Schutzfunktion von Elektronikgehäusen ist längst nicht mehr alles: Auch das Design muss stimmen. Immer häufiger ist bei gleichwertiger Funktionalität das Äußere kaufentscheidend. Damit sowohl Elektronik als auch Design qualitativ hochwertig gestaltet werden können, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den am Entwicklungsprozess beteiligten Abteilungen gefragt.

Elektronik ist empfindlich und bedarf entsprechenden Schutzes – egal, wo sie im Einsatz ist. Bei der Entwicklung von Gehäusen steht allerdings längst nicht mehr allein der Schutz im Vordergrund. Auch das Design wird immer wichtiger. Gerade bei sichtbaren Elektronikanwendungen, zum Beispiel in der Gebäudetechnik. Eine größere Rolle spielt außerdem die Miniaturisierung der Komponenten.

Damit am Ende ein hochwertiges Produkt entsteht, müssen die Elektroniker, Mechaniker sowie Produktdesigner während des gesamten Entwicklungsprozesses eng zusammenarbeiten und auch die Ansprüche der anderen Beteiligten kennen und berücksichtigen.

Der Produktdesigner muss beispielsweise neben der Formschönheit bei seinem Design auch beachten, dass die Elektronik beeinflussende Schmutzablagerungen vermieden werden, während der Elektronikentwickler bei der Entscheidung, welches Schutzgehäuse gewählt wird, auch immer die Funktionalität beachten muss. Welches Schutzgehäuses am geeignetsten für die jeweilige Anwendung ist, sollte ebenfalls gemeinsam entschieden werden.

Eine klassische Schutzverkleidung ist beispielsweise ein Thermoplast-Gehäuse. Sein großer Vorteil sind die quasi unbegrenzten Möglichkeiten der Formgestaltung. Allerdings muss hier immer Raum für Fügertoleranzen berücksichtigt werden. Im Zweifelsfall wird das ganze Produkt also größer als gewünscht. Soll das Schutzgehäuse so wenig Raum wie möglich einnehmen, sollten Entwickler auf die Direktumspritzung



**Arthur Rönisch**  
Geschäftsführer von  
Turck Duotec  
a.roenisch@turck-duotec.com

zurückgreifen. Dieses Verfahren ist besonders dann geeignet, wenn funktionelle Eigenschaften wie Touch-Sensorik vorhanden sein sollen, da die Elektronik definiert ummantelt wird.

Eine dritte Möglichkeit ist die Dick-schichttechnik auf Glas in Kombination mit Kunststoff. Durch dieses Verfahren werden unter anderem die hohe Kratzfestigkeit von Glas und die Designfreiheit des Kunststoffs miteinander kombiniert. Das Zusammenspiel der beiden Materialien verbessert die mechanischen Eigenschaften und sorgt für eine sehr gute optische Gefälligkeit der Gehäuse. Grundsätzlich muss ein elektronisches Produkt immer vor allem funktionell sein. Aber auch das Design ist maßgeblich bei der Kaufentscheidung.

Schwierigkeiten können allerdings entstehen, wenn das Produktdesign der alleinige Ausgangspunkt bei der Entwicklung ist. Dann nämlich werden die Elektroniker und Mechaniker leicht vor Herausforderungen gestellt, die an der Grenze des Machbaren liegen. Negative Auswirkungen auf die Herstellungskosten und damit den Preis sowie im Extremfall auf die Produktlebensdauer können die Konsequenz davon sein.

Alle am Entstehungsprozess eines neuen Produkts beteiligten Personen sollten sich deshalb von Beginn an austauschen. Ideal ist es, wenn am Ende keiner der Spezialisten zu Gunsten eines anderen auf der Strecke bleibt. Dann kann hochwertige Elektronik im ansprechenden Mantel entstehen – und zwar Hand in Hand und vor allem sicher.

# ONBOARD-KOMMUNIKATION

Entwicklungen der Automobilindustrie erhöhen die Komplexität von Autos. Das führt zu einer zunehmenden Vernetzung einzelner Systeme beispielsweise durch CAN- und LIN-Bus. Neben der korrekten Übertragung wird auch der Schutz vor Manipulationen zum zentralen Thema.

TEXT: Andreas Lipowsky, Lipowsky Industrie-Elektronik BILDER: Lipowsky Industrie-Elektronik

Immer mehr Komponenten im Auto kommunizieren miteinander und können Einfluss auf das Fahrverhalten des Autos nehmen. Insbesondere Fahrassistenzsysteme, das autonome Fahren und Komfort-Funktionen tragen zur Komplexität bei. Im Bereich Antriebsstrang ist dabei der CAN-Bus die verbreitetste Vernetzungs-Lösung, im Bereich Komfortfunktionen ist der LIN-Bus, die am häufigsten anzutreffende Netzwerktechnologie.

Bei beiden Bussystemen wird die Information auf dem Bus in einem Frame übertragen, der neben den Daten auch noch einen Frame-Identifizier und eine Prüfsumme beinhaltet (Abbildung 1). Diese Prüfsumme wird im Fall von CAN direkt durch die CAN-Controller-Hardware gebildet. Bei der LIN-Kommunikation wird der Frame in der Regel durch eine Softwareroutine erstellt, in der auch die Prüfsumme, nach einem allgemein bekannten Verfahren gebildet wird. Damit ist die Information in einem CAN- oder LIN-Frame dahingehend geschützt, dass ein Empfänger erkennen kann, ob der Frame so empfangen wurde, wie er vom Sender abgeschickt wurde.

## Sicherheit durch Prüfsumme

Bei beiden Bus-Systemen wird im Fahrzeug vorwiegend mit einem statischen Daten-Mapping gearbeitet. Das heißt in einem Frame mit definiertem Identifizier, repräsentiert ein bestimmtes Datum, wie etwa Byte 2, immer einen bestimmten Wert, wie die Drehzahl. Wer also einen Frame mit gültiger Prüfsumme auf dem Bus versendet, kann den angeschlossenen Systemen Informationen liefern, ohne dass der Empfän-

ger eine Möglichkeit zur Überprüfung hat, ob die Information aus einer autorisierten Quelle stammt.

Um die Datenkommunikation gegen Reverse Engineering, gefälschte Bauteile und böswillige Einflussnahme zu schützen, wurden schon seit längerem zusätzliche Methoden angewendet, die im Wesentlichen auf der Einbringung von CRC-Werten in den Datenbereich beruhen (Abbildung 2). Ein vom Empfänger zunächst als gültig empfangener Frame wird dann dort einer zweiten Prüfung unterzogen und nur wenn der Empfänger einen gültigen CRC nachrechnet, werden die Daten überhaupt verwendet. Sender und Empfänger müssen also in diesem Falle auf beiden Seiten über den Algorithmus zum Bilden und Prüfen des CRC verfügen. Da diese Algorithmen aber nicht allgemein bekannt sind, können nur autorisierte Parteien Systeme entwickeln, die dann an einem bestimmten Bus valide kommunizieren können. Nachdem in der Anfangszeit einige proprietäre CRC-Methoden eingesetzt wurden, war mit der Einführung eines Ende-zu-Ende Protokolls im Autosar-Standard eine standardisierte Methode für die zusätzliche CRC-Absicherung verfügbar. Die Definition eines Ende-zu-Ende Protokolls als Autosar Standard führte zu mehr Sicherheit. Diese ist nun einigen Herstellern scheinbar nicht mehr genug, da diese nun von fest definierten Parametern des Autosar-CRC abweichen. Diese proprietäre Abweichung führt dazu, dass auch LIN- und CAN-Adapter mehr Variablen zulassen müssen.

Die Absicherung der CAN- und LIN-Kommunikation soll verhindern, dass unautorisierte Teilnehmer, die den Algorithmus zur Absicherung nicht kennen, andere Kompo-

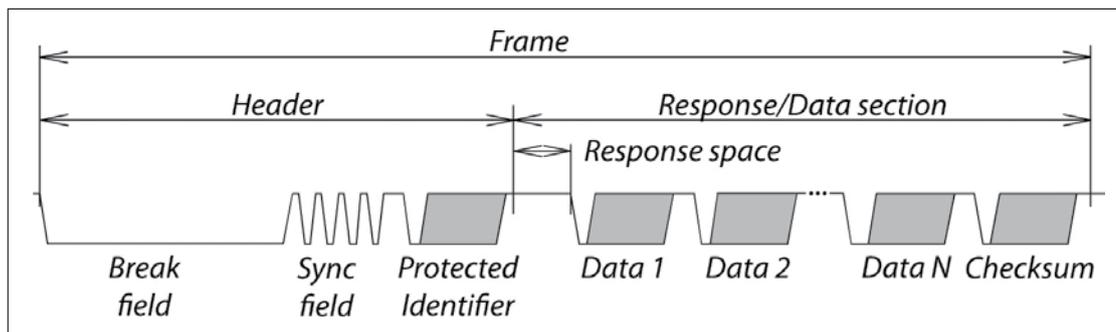


Abbildung 1: Aufbau eines LIN-Frames mit der Checksumme im letzten Byte

nennten nicht steuern oder beeinflussen können. Daher prüfen Komponenten empfangene Frames, ob die Absicherung korrekt ist und verwerfen Frames, bei denen dies nicht der Fall ist. Auch wenn in der Praxis diese Prüfung zumindest zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht alle Komponenten durchführen, so ist der Trend doch klar erkennbar. Die E2E-Protokoll-Spezifikation im Autosar-Standard definiert eine solche Absicherung anhand eines 8-Bit-CRC-Algorithmus. Hierbei werden verschiedene Profile und Varianten definiert, die sich durch die Daten unterscheiden, die zur CRC-Berechnung herangezogen werden. Beide standardisierten Profile definieren feste Werte als Initialwert, Polynom und XOR-Wert für die CRC-Berechnung. Profil 1 ergänzt die Eingangs-Daten aus dem Frame um eine Konstante, deren Verwendung durch

die gewählte Variante (1A 16Bit, 1A, 8Bit, 1B, 1C) beeinflusst wird. Zudem wird ein Zähler im Datenbereich vorgegeben. Profil 2 besitzt ebenfalls einen Zähler in den Daten, der aber zusätzlich noch zur Auswahl eines Wertes aus einem konstanten 16 Werte Speicher verwendet wird. Die Freiheitsgrade liegen daher in der Auswahl der Variante und der Konstante bei Profil 1 beziehungsweise dem 16-Werte-Speicher bei Profil 2.

### Kommunikation der Komponenten

Die Werte für die Startposition des Eingangs-Blocks, die Länge des Eingangs-Blocks, die Startposition des CRC, die Startposition des Zählers, die Länge des Zählers, der Start-



#### LESETIPP

**Wo finden Sie mehr als 6.000 Fachbeiträge, Produkt- & Marktinformationen sowie Firmeneinträge rund um das Thema Elektronik?**

www.INDUSTR.com/EuE – Das E&E-Web-Magazin liefert relevante News, Artikel, Whitepapers, Videos und Bildergalerien und macht die Faszination rund um die Elektronik lebendig.

publish  
industry  
verlag

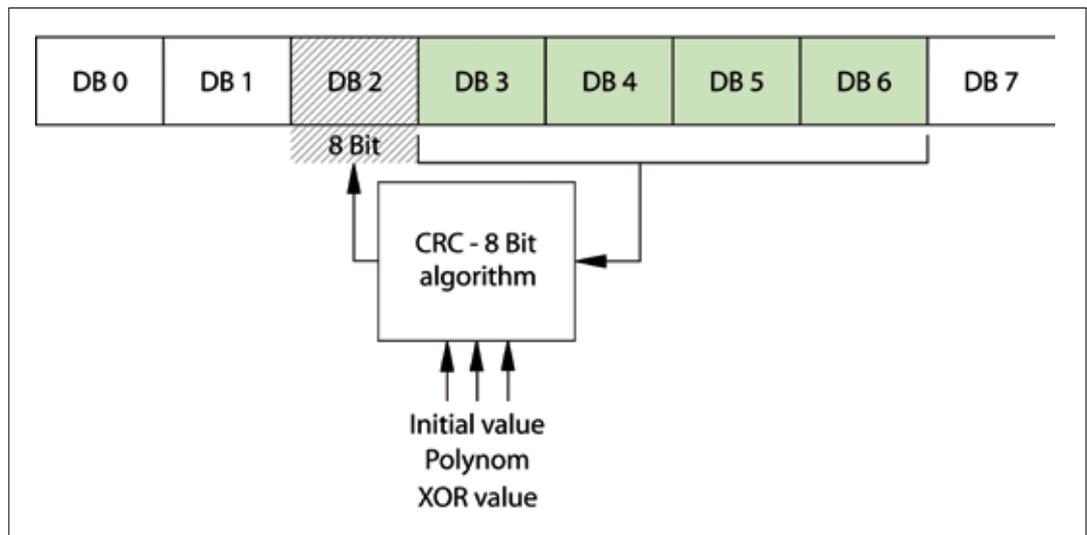


Abbildung 2: Die Absicherung von Frame-Daten über einen einfachen 8-Bit-CRC innerhalb der Daten

Wert des Zählers und der End-Wert des Zählers sind wie auch die CRC-Werte fest definiert. In verschiedenen Projekten von Lipowsky Industrie-Elektronik wurden allerdings schon Bus-Teilnehmer verwendet, die vom Autosar-Standard abweichen und einige dieser Werte proprietär bestimmen. Die Kommunikation mit diesen Komponenten war aus diesem Grund nicht auf Anhieb möglich. Dieses Problem betrifft vor allem CAN- und LIN-Adapter, die zur Entwicklung und dem Test entsprechender Komponenten eingesetzt werden. Diese müssen nicht mehr lediglich die standardisierten Varianten unterstützen, sondern praktisch alle möglichen Variationen erlauben, um eine universelle Einsatzmöglichkeit zu erlauben. Besonders betroffen davon sind daher Firmen und Abteilungen, die sich auf das Testen von Komponenten spezialisiert haben. Hier ist eine Restbus-Simulation notwendig, um den Einsatz einzelner Komponenten im Umfeld des Autos zu simulieren.

### Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Die Lösung der Baby-LIN-Geräte von Lipowsky Industrie-Elektronik besteht darin, möglichst viele Variationen zuzulassen. Auch bei der Verwendung der Autosar-CRCs können Initialwert, Polynom und XOR-Wert der CRC-Berechnung sowie die Startposition des Eingangs-Blocks, die Länge des Eingangs-Blocks, die Startposition des CRC, die Startposition des Zählers, die Länge des Zählers, der Start-Wert des Zählers und der End-Wert des Zählers frei gewählt werden. Somit sind diese LIN- und CAN-Adapter für Abweichungen gewappnet und erlauben einen breiten Einsatz im Entwicklungs- und Test-Umfeld.

Die Absicherung der CAN- und LIN-Kommunikation macht in sicherheitsrelevanten Bereichen wie der Automobil-Industrie Sinn und wird dort bereits vielfach eingesetzt. Die Einführung von Standards wie dem Autosar-E2E-Protokoll soll den Umgang mit dieser Technik vereinfachen und deren breite Anwendung unterstützen.

### CAN- und LIN-Kommunikation absichern

In der Praxis steigen durch diese Methoden auch die Anforderungen an Bus-Simulationssysteme, die überall dort zum Einsatz kommen, wo Komponenten, die im Fahrzeug per CAN- oder LIN-Bus angeschlossen sind, außerhalb des Fahrzeugs gehandhabt werden müssen. Das ist zum Beispiel bei der Produktion, in der Entwicklung und beim Test solcher Komponenten der Fall. Jüngst beobachtete Abweichungen bei einzelnen Herstellern vom Standard erfordern zusätzliche Optionen bei den Simulations-Tools, damit diese alle diese Varianten beherrschen. Zum Beispiel hat mittlerweile die entsprechende Konfigurationsmaske des Baby-LIN-Simulations-Tools je nach gewähltem Profil zwischen 14 und 28 Parameter, um diese CRC-Funktionalität universell einstellbar zu machen.

Wenn man die Entwicklung beobachtet, kann davon ausgegangen werden, dass es durch neue proprietäre Abweichungen immer wieder Erweiterung an diesen Methoden geben wird. Hier zeigt sich dann, ob der Tool Hersteller, neben den aktuellen Anforderungen, auch zukünftige Entwicklungen durch entsprechende Weiterentwicklungen und Update Strategien seiner Produkte einfach abbilden kann. □

# SENSORIK FÜR AUTONOMES FAHREN

Für die Automobilindustrie gehören die Ablösung der Verbrennungsmotoren und die Automatisierung des Fahrbetriebs über Advanced Driver Assistance Systems hin zum Autonomous Vehicle zu den derzeit wichtigsten Themen. Dafür wird die nächste Generation von Sensoren entwickelt, die es Fahrzeugen ermöglicht, ihre Umwelt zu sehen und zu begreifen.

**TEXT:** Thomas Dörfler, Embedded Brains **BILDER:** Embedded Brains

Um diese Sensoren auch praxistauglich und kostenoptimal realisieren zu können, ist der Einsatz von integrierten Controllern erforderlich. Sie vereinen geeignete Schnittstellen zur mehrkanaligen Radar-Signalerfassung mit der notwendigen Speicherkapazität für die anfallenden Rohdatenmengen und ausreichender Rechenleistung für die Datenauswertung auf einem Chip. Die Signale der Radar-Antenne werden damit im chipinternen AD-Wandler mit bis zu 320 MBit/sec digitalisiert, gespeichert, verarbeitet, ausgewertet und verlassen den Chip erst wieder in abstrahierter Form, so dass sie problemlos auch über langsame Schnittstellen wie CAN weitergegeben werden können.

So elegant und effizient der voll integrierte Aufbau im endgültigen Produkt ist, so tückisch ist er für die Entwicklungsteams: zur anspruchsvollen Aufgabe, einen so komplexen Chip optimal zu programmieren, kommt noch die Problematik, dass die Radar-Rohdaten den Chip nie verlassen. Die Chips verfügen über keine Kommunikationsschnittstelle, die schnell genug ist, um diesen Datenstrom in Echtzeit auszugeben. Aber wie kann ein Algorithmus zur Datenaufbereitung entwickelt und vor allem verifiziert werden, wenn die zugehörigen Rohdaten nicht extern analysiert werden können?

## Chip-Problematiken ausmerzen

Sehr aussagekräftig für den Entwicklungszyklus sind reale Testfahrten. Nur im Einsatz unter realen Bedingungen kann geprüft werden, ob die Sensoren alle relevanten Objekte im Erfassungsfeld wirklich erkennen, klassifizieren und verfolgen

können. Wo befinden sich Fahrbahn, feste Begrenzungen und Hindernisse, welche Objekte bewegen sich im Umfeld, wo sind potentielle Gefahrensituationen? Ist die Hardware empfindlich genug, um gut auswertbare Rohdaten zu liefern? Sind die Algorithmen fein genug abgestimmt, um nicht nur Fahrzeuge in der Nähe, sondern auch weiter entfernte Objekte zu erkennen? Wie gut gelingt die Trennung benachbarter Objekte? Und wie stark beeinflusst die Witterung die Resultate?

## Mit Testfahrten kritische Situationen meistern

Testfahrzeuge sind viele Stunden unterwegs, um eine ausreichende Anzahl kritischer Situationen durchfahren zu können. Die Erkennungsrate der Sensoren kann damit zwar punktuell bewertet werden, aber mehr Resultate liefert eine Testfahrt nicht. Wird ein Objekt nicht oder nicht richtig erkannt, so ist das Entwicklerteam erst einmal auf Mutmaßungen angewiesen, wo in der Auswertung der Fehler liegt. Und noch schlimmer: Nach einer Verbesserung der Algorithmen gibt es keine Möglichkeit, dieselbe Fahrsituation noch einmal durch zu spielen.

Entsprechend intelligente Sensorsysteme sind in Entwicklung und auch schon in einigen Fahrzeugen im Einsatz. Optische Kamerasysteme, laserbasierte LIDARs und Sensoren auf Radar-Basis haben unterschiedliche Stärken und ergänzen sich in modernen Fahrzeugen. Wer die extrem hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Objekterkennung ernst nimmt und sich der Komplexität der Sensorsysteme bewusst ist, befasst sich frühzeitig mit der methodischen Validierung dieser

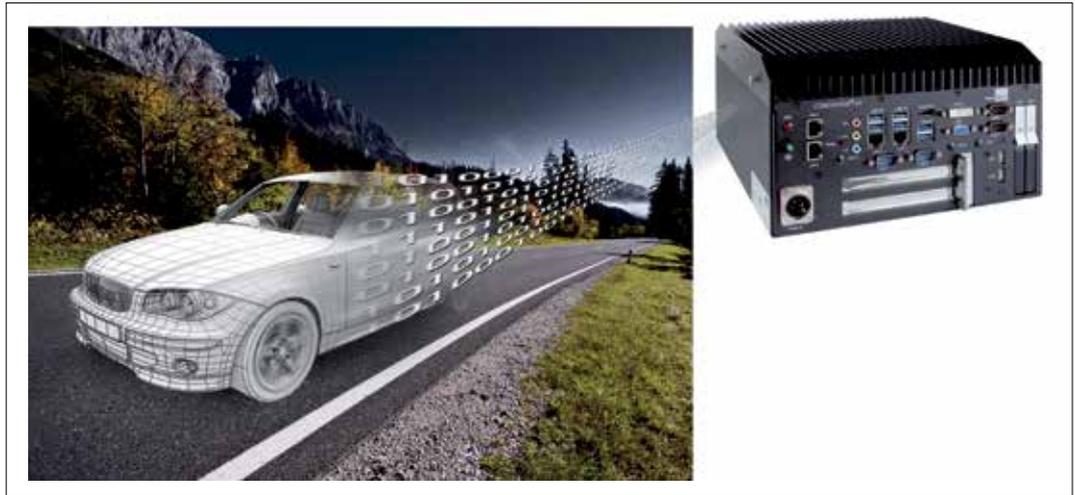


Abbildung 1: Der DP²4R-Radar-Datenlogger erfasst im Einsatz bis zu 4 x 320 MBit/s.

Systeme. Im Hinblick auf den Projektzeitplan, ist die Effizienz der Validierung sogar entscheidend für den Projekterfolg.

### DP²4R-Datenlogger schafft Transparenz

Um den Entwicklerteams die erforderliche Transparenz zu ermöglichen, ist der Einsatz innovativer Systeme wie dem DP²4R-Datenlogger erforderlich. Dieses System wurde von Grund auf konzipiert, um im Automotivumfeld Daten verteilt, mit hoher Bandbreite zu erfassen, zentral zu speichern und für die Offline-Verarbeitung bereitzustellen. Der DP²4R ermöglicht es, während einer Testfahrt gleichzeitig bei bis zu vier Sensor-Einheiten beliebige Daten abzuzeichnen, an den zentralen DP² Controller zu übertragen, dort lückenlos zu speichern und nach Abschluss der Fahrt extern auszuwerten. Pro Sensor können dabei 320MBit/sec erfasst werden. Aber nicht nur die Sensordaten werden erfasst, zusätzlich kann die Testfahrt auch automatisch dokumentiert werden. Bei Bedarf können laufend sowohl die GPS-Koordinaten als auch ein Kameravideo mit gespeichert werden, das die Fahrsituationen aufzeichnet. Dies erleichtert später die Auswertung der Daten, damit ist sichtbar, was sich auf der Straße abgespielt hat.

### Kontinuierliche Datenerfassung

Wie kann ein solches System funktionieren? Die Lösung liegt in der Aufteilung des DP²4R-Systems und seiner nahtlosen Integration in die Sensor-Hardware. An jedem Radarsensor-System sitzt dezentral ein spezialisierter, nur etwa 40x60mm großer Erfassungskopf (DP²4R-Head-Unit). Er ver-

fügt sowohl über ein FPGA zur Datenerfassung und -formatierung als auch über ein lokales RAM als Zwischenspeicher. Das Layout des Erfassungskopfes wird jeweils speziell für die Hauptplatine des Radar-Sensors angepasst und als Piggyback-Einheit auf diese aufgesteckt. Er koppelt sich dabei mit dem High-Speed-Debuginterface des zentralen Mikrocontrollers. Damit können über das Debug-Interface sowohl die Radar-Rohdaten als auch weitere notwendige Informationen kontinuierlich abgezogen werden.

### Synchrone Speicherung unterschiedlicher Daten

Das Herzstück des DP²4R-Datenloggers ist der DP² Controller, der sowohl für die Datenspeicherung als auch für die gesamte Steuerung verantwortlich ist. Die gesammelten Nutzdaten werden von den Erfassungsköpfen als serieller LVDS-Strom an den DP²-Controller übertragen, die Verbindungen dazu können bis zu 7 Meter lang sein. Bis zu vier Head-Units lassen sich an einen DP²-Controller ankopplern, es können also gleichzeitig und synchron die Daten von vier Radar-Sensoren gesammelt und auf wechselbaren SSD-Massenspeichern gespeichert werden.

### Auswertungsalgorithmen besser abstimmen

Die Daten können auf handelsüblichen Network Attached Storage (NAS)-Systemen am Entwicklungsstandort gespeichert werden. Allerdings werden hierfür hohe Kapazitäten benötigt. Ein Jahr lückenlose Aufzeichnung benötigt eine Speicherkapazität im einstelligen Petabyte-Bereich. Der elegante

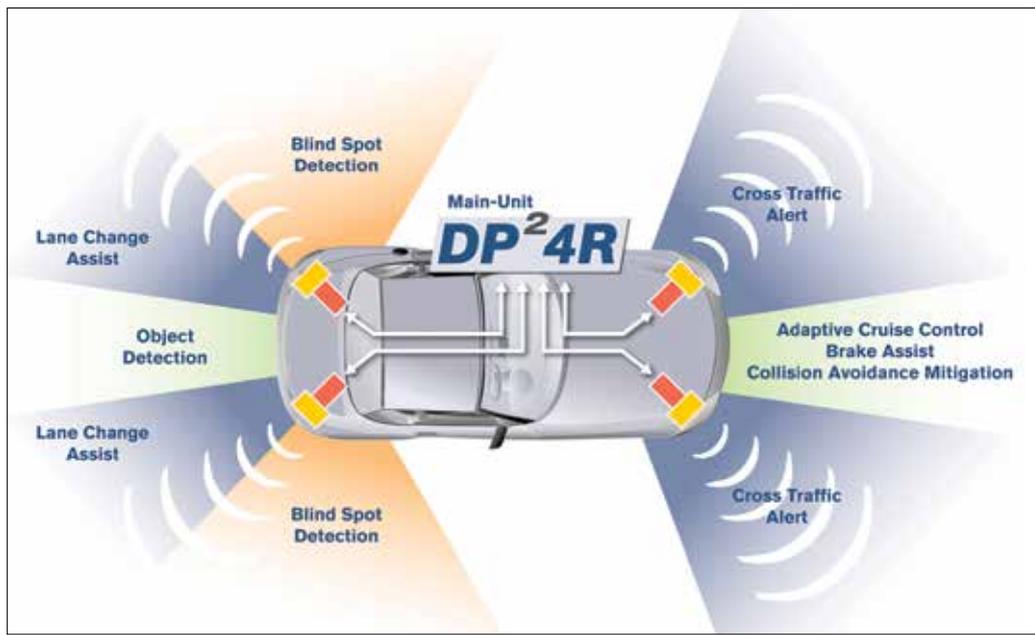


Abbildung 2: Bei dem Gigabit-Datenloggersystem DP<sup>2</sup>4R wird eine Zentraleinheit (Controller) im Fahrzeug verbaut. Diese ist mit großen, wechselbaren SSD-Speichern ausgerüstet und für die Initialisierung, Steuerung und Datenaufzeichnung von bis zu vier abgesetzten Erfassungsköpfen (Head Units) zuständig.

Weg, um die Daten vom Testfahrzeug zum NAS zu transportieren, wäre ein Netzwerkinterface. Allerdings ist damit die praktisch erzielbare Datenrate auf etwa 10Gbit/sec begrenzt. So lohnt es sich, stattdessen auf den guten alten Turnschuhbus umzusatteln. Hierbei werden die SSDs manuell aus der Erfassungs-Zentraleinheit entnommen und direkt ins NAS eingesetzt. Bei fünf Minuten Fußweg vom Fahrzeug zum NAS und zwei SSDs mit je acht TByte Kapazität entspricht das einer Datenrate von etwa 430 Gbit/sec, mit Netzkabeln ist das kaum zu übertreffen. Damit liegen die auf den Testfahrten gesammelten Daten bereit zur weiteren Nutzung, Aufbereitung und Auswertung.

Aus den stundenlangen Aufzeichnungen müssen dann Situationen extrahiert werden, die näher untersucht werden sollen. Erleichtert wird dies durch lückenlose Zeitmarken und Kameraprotokolle der Testfahrten. Aufbauend können die Entwicklerteams dann die ursprünglichen Simulationsmodelle mit den relevanten Rohdaten versorgen und das Verhalten der Sensoren nachvollziehen. Auswertungs-Algorithmen können so zukünftig noch besser abzustimmen werden.

### Daten-Bibliothek kritischer Fahrsituationen

Ein angepasstes Softwareupdate macht die Sensoren fit für die nächsten Tests. Und hier spielt der DP<sup>2</sup>4R einen Trumpf

aus. Denn im Injection Mode kann das System verwendet werden, um die ursprünglich erfassten Radar-Rohdaten wieder in die Sensoren einzuspeisen.

In einer Art Virtual Reality durchfahren die Sensoren die vorher erlebten Situationen erneut, können jetzt aber zeigen, was sie durch das Softwareupdate gelernt haben. Für die systematische Verifikation der Systeme ist das ein entscheidendes Hilfsmittel, vor allem da man mit der Zeit eine Daten-Bibliothek der kritischen Fahrsituationen aufbauen kann.

### Validierung mit realen Fahrdaten ist essentiell

Intelligente Sensorsysteme als Basis der Fahrzeuge von morgen stellen große Herausforderungen an die Validierung und Qualitätssicherung der Software. Eine Validierung auf Basis von realen Fahrdaten ist schon aus versicherungstechnischen Gründen essentiell und erlaubt bereits vor der Markteinführung verlässliche Aussagen über die Robustheit der Sensorik.

Verfahren und Systeme hierzu stehen bereit und sind damit als Stand der Technik zu betrachten. Deren Integration sollte frühzeitig in den Entwicklungsprojekten berücksichtigt werden, um die Projektziele rechtzeitig, mit der gebotenen Sorgfalt und sicher zu erreichen. □

# VERBINDUNGSTECHNIK & WIRELESS



BILD-SPONSOR: ODU

**126 Im Rampenlicht**  
ODU

**128 Robuste Industrie 4.0-Steckverbinder**  
Fabian Seymer, ODU

**129 Eine smarte Verbindung**  
Rudolf Sosnowsky, Hy-Line Computer  
Components

**132 Modularer Überspannungsschutz**  
Frank Quast, Harting

**134 Digitalisierung bedarf Vernetzung**  
Daniel Walldorf, TE Connectivity

**136 Anschließen im Handumdrehen**  
Michael Nordholz, Phoenix Contact

**138 Bluetooth 5 in der Industrie 4.0**  
Pelle Svensson, U-blox

# IM RAMPENLICHT

Das Portfolio von ODU ist breit aufgestellt. Es reicht von robusten Metall- oder Kunststoffgehäusen, über Kontaktsysteme bis hin zu Steckverbindingssystemen.

TEXT + BILDER: ODU



## Selbstsichernde Rundsteckverbindungen

Ganz gleich ob die Übertragung von Leistung, Signalen, Daten oder auch Medien – die ODU MINI-SNAP- oder ODU MEDI-SNAP-Rundsteckverbinder im robusten Metall- oder Kunststoffgehäuse überzeugen durch ihre Qualität, Zuverlässigkeit und Bedienungseigenschaften.

### Zuverlässig und Langlebig

ODU SPRINGTAC, ein effektives Kontaktsystem, bietet hohe Zuverlässigkeit sowie Lebensdauer. Durch die Vielzahl der einzelnen, unabhängig voneinander federnden Drahtfedern ist eine konstante Übertragung zu jeder Zeit gegeben. Selbst beim kleinsten Kontaktdurchmesser von 0,76 mm werden immer noch 15 Federn verbaut, heißt es ergeben sich bei diesem kleinen Durchmesser 15 Kontaktflächen.

### Modulare Vielfalt in Handstecklösungen

Mit der Spindelverriegelung im neuen Standard-Kunststoffgehäuse verfügt die ODU-MAC Blue-Line über ein Alleinstellungsmerkmal am Markt. Das Steckverbindingssystem ist ein modulares Universaltalent, das sich auch auf kleinem Bauraum konfigurieren lässt. Es ist sowohl im Kunststoff-, als auch im Metallgehäuse erhältlich.

# ROBUSTE INDUSTRIE-4.0-STECKVERBINDER

Zur Steigerung der Produktivität, werden künftig mobile und flexible Maschinen und Automatisierungskomponenten eingesetzt. Hierfür muss deren Gewicht, Platzbedarf sowie Handlings- und Installationsaufwand reduziert werden. Eine effektive Lösung für zahlreiche Anwendungen sind multifunktionale Steckverbinder.

Die universelle beziehungsweise multifunktionale Steckverbinder sind durch hybride Schnittstellen, eine hohe Poldichte und ihre emodulare Bauform für viele unterschiedliche Anwendungen geeignet. Wichtig ist, dass diese bei hohen Steckzyklen nicht verschleifen und unterschiedlichen Umgebungsbedingungen widerstehen. Multifunktionale Steckverbinder können elektrische mit fluiden Übertragungsmedien kombinieren. Das bedeutet dass über eine Schnittstelle nicht nur Daten, Signale und Leistung übertragen werden können, sondern ebenso auch Wasser, Öle und Druckluft. Entsprechende Lösungen mit multiplen Fluiddurchführungen wurden bereits sowohl für Rund- als auch für Rechtecksteckverbinder realisiert.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nicht mehrere Kabel erforderlich sind, sondern nur eines. Somit verringert sich die Gefahr des Verfangens in Kabeln, wenn mobile Maschinen und Personen Hand in Hand zusammenarbeiten. Einen Steckverbinder mit Schraubanschluss vorschriftsmäßig zu installieren dauert circa eine Minute, das ist für mobile Einsatzszenarien im Sinne von Industrie 4.0 deutlich zu lange. Deshalb werden bei multifunktionalen Steckverbindern Schnellverriegelungstechniken wie Push-Pull, Spindelverriegelung oder Break-Away, mit denen die Installation nur wenige Sekunden dauert, eingesetzt.

Da mobile Roboter und Automatisierungskomponenten nach jedem Ortswechsel an eine neue Umgebungsinfrastruktur angeschlossen werden müssen, ist Langlebigkeit essentiell. Um auch höchsten mechanischen Beanspruchungen gerecht zu werden, wurden multifunktionale Rund- und Rechtecksteckverbinder entwickelt, die 2.000, 10.000 oder 100.000 Steckzyklen standhalten, mitunter sogar 1 Million. Extreme Steckzy-



**Fabian Seymer**

Global Head of Product  
Management Circular  
Connectors, ODU  
fabian.seymer@odu.de

klen sind vor allem bei Dock-Verbindungen für spezielle Anwendungen erforderlich. Hierzu gehört beispielsweise die Endprüfung von Motoren, bei der diese in kurzen Intervallen über eine Schnittstelle an das Test-Equipment an- und wieder abgedockt werden.

Für einen flexiblen Einsatz mobiler Roboter und intelligenter Automatisierungstechnik müssen deren Schnittstellen extremen Umgebungsbedingungen widerstehen. Hierzu gehören hohe Temperaturen, starke Vibrationen, Druck, Spritzwasser oder aggressive Chemikalien. Um sicherzustellen, dass multifunktionale Steckverbinder die jeweiligen Anforderungen zur Gänze erfüllen, werden bestimmte Eigenschaften von Werkstoffen wie Kunststoff, Metall und Glas kombiniert. Zusammen mit speziellen Konstruktionsprinzipien und neuartigen Vergusstechniken werden

Lösungen realisiert die in zahlreichen Branchen, wie beispielsweise dem Maschinenbau, der Mess- und Prüftechnik oder Medizintechnik, eingesetzt werden können. Durch ihren modularen Aufbau können die Lösungen zudem an individuelle Anforderungen angepasst werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass multifunktionale Steckverbinder mit hoher Polzahl, die sowohl Daten, Signale und Leistung als auch Fluide übertragen, deutlich kompaktere und effizientere Schnittstellen ermöglichen als bisherige Verbindungslösungen. Somit können auch mobile Maschinen und Automatisierungskomponenten kleiner und leichter werden, was eine wichtige Voraussetzung für flexible Einsatzszenarien ist. Darüber hinaus reduzieren multifunktionale Steckverbinder das Risiko von Installationsfehlern und sorgen ferner für sicherere und wirtschaftlichere Prozesse.

# EINE SMARTE VERBINDUNG

Für die optimale Verbindung zwischen Monitor und Rechner muss der Computer Informationen über die Fähigkeiten des Bildschirms erhalten und die Ausgangssignale anpassen. Gerade industrielle und medizinische Anwendungen benötigen eine hohe Bandbreite, gepaart mit großer Flexibilität. Dies bietet die Schnittstelle Display-Port.

**TEXT:** Rudolf Sosnowsky, Hy-Line Computer Components **BILDER:** Hy-Line Computer Components

Das Link-Training des DisplayPort dient nicht nur dazu, Informationen über den an der Bildquelle angeschlossenen Monitor zu erhalten, sondern auch dazu, sicherzustellen, dass das Bild stabil dargestellt wird. Manchmal scheitert die Interaktion zwischen Monitor, Kabel und Quelle auf unvorhersehbare Weise. Für professionelle und kritische Anwendungen wie Medizin und Kontrollräume ist dies inakzeptabel. Dieser Artikel zeigt eine Methode, wie man eine zufällige Fehlkonfiguration vermeiden und eine zuverlässige Verbindung herstellen kann.

## Kommunikation durch Display-Data-Channel

Um einen Monitor optimal am Rechner zu betreiben, muss dieser Informationen über die Fähigkeiten des Monitors abfragen und das Ausgangssignal darauf abstimmen. Zur Kommunikation dient der Display-Data-Channel (DDC), basierend auf dem I<sup>2</sup>C-Protokoll mit zwei Leitungen. Die Monitor-spezifischen Daten werden innerhalb des Monitors in einem Nur-Lese-Speicher gespeichert. Neben der Hardware-Identifikation (Hersteller, Modell und Seriennummer) enthält er Informationen über die Auflösung, die physikalische Größe des Bildschirms und Timings, die der Monitor akzeptieren kann. Beim Hochfahren des Computers werden diese Informationen abgefragt und zur Einstellung des Video-Timings verwendet.

## Skalierbarer Display-Port

Für industrielle und medizinische Anwendungen hat sich DisplayPort als Standardschnittstelle etabliert. Sie ist extrem skalierbar, je nach Hardware-Implementierung kann die Anzahl der für die Übertragung der Videoinhalte genutzten Leitungspaare, die sogenannten Lanes, zwischen eins und vier liegen, die Symbolrate kann an verschiedene Bild- und Pixelraten

angepasst werden, und die Farbtiefe kann acht Bits übersteigen. DisplayPort bietet Mehrkanalton und einen optionalen Kopierschutz, DPCP, der die Übertragung von urheberrechtlich geschützten und verschlüsselten Multimedia-Inhalten ermöglicht. Der neue AUX-Kanal nutzt wie DDC zwei Leitungen und bietet eine größere Bandbreite zwischen der Signalquelle und der Senke. Professionelle Anwender schätzen den robusten Steckverbinder, der mit einer Verriegelung in der Buchse einrastet.

## Signalqualität sicherstellen

Ein kritischer Faktor ist die Übertragungscharakteristik der Strecke. Kabel und Steckverbinder beeinflussen die Signalqualität. Einerseits sollte das Signal stark genug sein, um die Entfernung zum Monitor, einschließlich der Anschlüsse und Adapter, zu überwinden, andererseits sollte es schwach genug sein, um nur eine geringe Menge an Störstrahlung auszusenden. Die ideale Kurvenform des Signals wird durch die Eigenschaften eines realen Kabels verschlechtert. Um die Datenintegrität zwischen Quelle und Senke zu gewährleisten, wird das Ausgangssignal der Quelle mit dem so genannten Link-Training angepasst. Es findet beim Einschalten statt, bevor die eigentlichen Bilddaten übertragen werden. Neben der Zahl der Kanäle, die für die Übertragung genutzt werden, einigen sich Quelle und Senke auf eine Bitrate für die Übertragung. Die Dämpfung wird durch einen höheren Spannungspegel, Voltage Swing genannt, überwunden, während eine Vorverzerrung, Pre-Emphasis, die frequenzabhängige Dämpfung kompensiert. Dadurch wird sichergestellt, dass die Wellenform auf der Seite der Senke optimal rekonstruiert werden kann.

Für das Link-Training kommuniziert die Senke über den AUX-Kanal mit der Quelle, die daraufhin spezielle Testmus-



Abbildung 1: Die Glasfaserstrecke mit virtuellem AUX-Kanal.

ter überträgt. Die Quelle bewertet deren Übertragungsqualität und fordert die Signalquelle auf, Spannungshub, Amplitude genannt und Vorverzerrung, Pre-Emphasis genannt, anzupassen.

### Probleme mit dem AUX-Kanal

Im Vergleich zum früheren DDC bietet der AUX-Kanal eine höhere Komplexität. Dies beginnt mit der ersten Verhandlung der Link-Transportfähigkeiten und reicht bis hin zum Update der Firmware. Die typische Installation benötigt jedoch nur einen Bruchteil dieser Fähigkeiten. Im Unterschied zum Videokanal werden die meisten Parameter nur einmalig während des Link Trainings übertragen. Tritt im Videostrom ein intermittierender Fehler auf, können einige Pixel die Farbe ändern oder der Bildschirm kurzzeitig flackern, was im nächsten Frame überschrieben und vom Anwender kaum wahrgenommen wird.

Beeinflusst hingegen eine elektrische Störungen durch Einstrahlung (EMI) oder Entladung (ESD) die Kommunikation mit dem AUX-Kanal, kann dies zu einer permanent falschen Anzeige (Auflösung, Farben) oder sogar zu einem Bildverlust führen. Manche Fehler werden auf den ersten Blick gar nicht bemerkt, beispielsweise falsche Entzerrung oder Gamma-Einstellung, während andere die Anwendung wie bei gekachelten Multi-Screen-Installationen unbrauchbar machen.

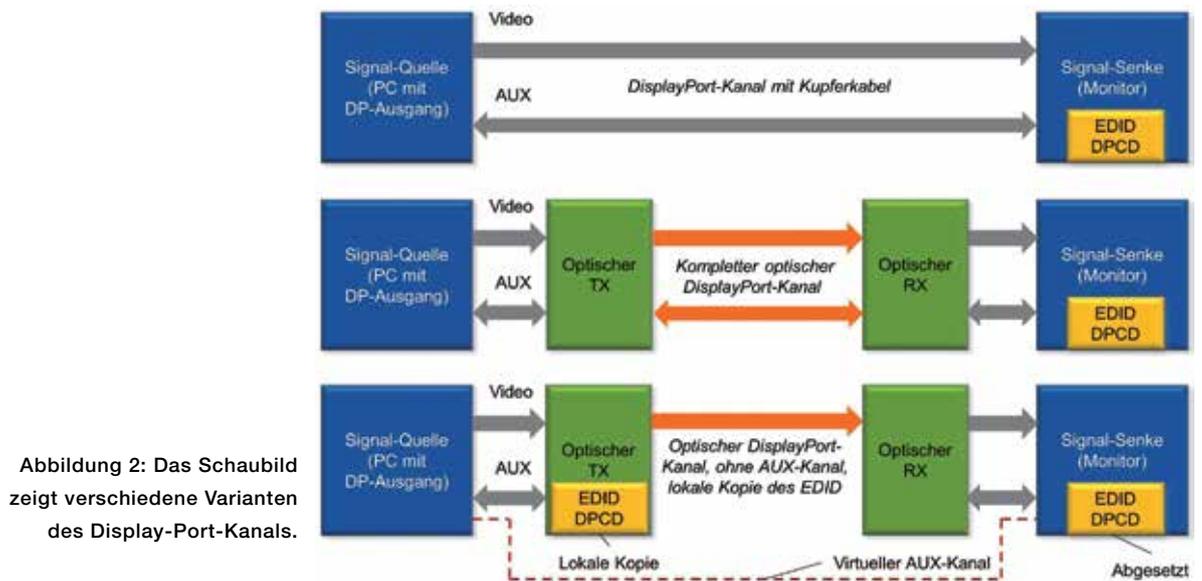
Im industriellen und medizinischen Umfeld sind alle Komponenten bekannt und zertifiziert. Die Fähigkeiten von Senke und Link müssen nicht bei jedem Einschalten neu abgefragt werden. Warum dann ein Link-Training durchführen?

### Ein genauerer Blick auf den Display-Port-Link

Je länger die Verbindung zwischen Bildquelle und Senke, desto anfälliger ist sie für elektrische Störungen aus der Umgebung. In einem Standard-Link (Abb. 2) werden Videodaten und AUX-Kanaldaten über ein Kupferkabel übertragen. Die Videoverbindung überträgt Daten von der Quelle zur Senke, während der AUX-Kanal bidirektional ist. Abb. 2 Mitte zeigt eine Langstreckenlösung, bei der Lichtwellenleiter für die Übertragung verwendet werden. Hier werden die elektrischen Signale auf der Quellenseite in optische und auf der Senkenseite wieder in elektrische Signale umgewandelt. Wie zuvor gibt es zwei getrennte Links für Videosignale und den AUX-Kanal. Dessen Signale sind deutlich langsamer, fließen aber in beide Richtungen. Daher gibt es an beiden Enden optische Sender und Empfänger. Abb. 2 unten nutzt den virtuellen AUX-Kanal. Unter den Voraussetzungen für professionelle Anwendungen - alle Teilnehmer sind klar definiert - ist es nicht notwendig, direkt mit der Signalsenke zu kommunizieren. Eine lokale Kopie aller relevanten Daten, die sich im TX-Modul befindet, reicht aus.

### Virtueller AUX-Kanal im Detail

Die oben dargestellte optische Verbindung bietet die Vorteile der galvanischen Trennung - ideal für patientennahe medizinische Anwendungen und Industriemonitore, die abgesetzt vom Rechner in einer elektrisch verseuchten Umgebung arbeiten müssen. Da es keine AUX-Kommunikation über die Strecke hinweg gibt, wird nur der Sender (TX) von der Quelle abgefragt. Der Sender enthält eine lokale Kopie des EDID-EEPROMs und der DPCD-Register, und alle Anfragen der Quelle



werden von ihm beantwortet. Bei der Einrichtung der lokalen Kopie können die Daten so modifiziert werden, dass sie verbesserte Parameter der Senke enthalten. Dies kann eine feste Anzahl von Lanes und eine Link-Rate sein, oder ein spezifischer Voltage Swing und eine Pre-Emphase, um eine zuverlässige Kommunikation zu gewährleisten. Das Link-Training erfolgt in diesem Fall getrennt zwischen dem optischen Sender und der Quelle auf der einen Seite und der Senke und dem optischen RX auf der anderen Seite.

Wie bei jeder Emulation hat auch der virtuelle AUX-Kanal Limitierungen, da die Quelle nur mit der lokalen Kopie kommuniziert. Bei dem Austausch der Daten über den AUX-Kanal gibt es Einschränkungen bei HDCP. Zielanwendungen aus Industrie und Medizin übertragen jedoch keine verschlüsselten Inhalte. Die Steuerung von Geräten und der Austausch von Zusatz-Daten kann nicht ausgeführt werden, weil sie den bidirektionalen Kanal voraussetzen.

## Die Adapter-Implementierung

Die Implementierung eines Glasfaser-Adapters (Abb. 1) entspricht dem DP 1.2 Standard und unterstützt alle Features mit Ausnahme des transparenten AUX-Kanals: 4k Auflösung (4096 x 2160), Bildfrequenz 60 Hz, keine Komprimierung. Er verlängert die DisplayPort-Verbindung auf bis zu 300 m mit einer Duplex-Faser. Die Emulation von EDID und DPCD ist im TX implementiert und kann von der Senke kopiert und mit dem EDID/DPCD-Editor manipuliert werden. Der Display-Port-Anschluss befindet sich auf der linken Seite. Er wird direkt an den DP-Eingang der Senke (RX, oben) oder den DP-Ausgang der Quelle (TX, unten) angeschlossen.

Nach der Verbindung des Moduls mit dem Steuer-PC ermöglicht der Editor im rechten unteren Teil des Bildschirms Lese-/Schreiboperationen von und zu den TX- und RX-Modulen. Der obere rechte Teil befasst sich mit der Speicherung der Daten der Senke, Abrufen der Daten von der Festplatte des PCs. Die Link-Einstellungen erlauben die Auswahl des Spannungshubs und der Pre-Emphasis. EDID- und DPCD-Einträge können direkt am Bildschirm geändert werden. Die Einstellungen werden in ihrem Kontext auf Korrektheit überprüft.

## Fazit

DisplayPort hat sich als zuverlässige Schnittstelle in professionellen Anwendungen etabliert. Er bietet eine hohe Bandbreite und Flexibilität bei den Anzeigeformaten. Der AUX-Kanal ermöglicht die Kommunikation zwischen Quelle und Senke. Das Link-Training optimiert die elektrischen Eigenschaften des Übertragungskanals, indem es Spannungspegel und Entzerrung anpasst. Es kann unter bestimmten Umständen oder durch äußere Einflüsse fehlschlagen. Ist die Systemumgebung bekannt, können EDID und DPCD lokal emuliert werden.

Die relevanten Daten werden mit einer Applikationssoftware aus dem Monitor ausgelesen. Bevor eine Kopie in den Sender geschrieben wird, können diese per Software modifiziert werden. Der Aufwand für die Übertragung des AUX-Kanals zwischen Quelle und Senke entfällt. Ein auf Glasfaser basierendes Übertragungssystem kann nicht nur große Entfernungen überbrücken, sondern auch galvanisch isolieren.

Weitere Informationen zu Hy-Line Computer Components finden Sie im Business-Profil auf Seite 32.

# MODULARER ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ

Hochautomatisierte Produktionsstätten brauchen neben Energie und Daten vor allem eine zuverlässige und leistungsfähige Übertragung von Signalen der Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik. Steckverbindungen bieten hier vielversprechende und effiziente Lösungen, sind zugleich aber sensibel und dürfen nicht durch Überspannungen oder andere Störgrößen beeinträchtigt werden.

TEXT: Frank Quast, Harting BILD: Harting

Die Qualität der Übertragung in Signalkreisen hängt wesentlich vom Vorhandensein von Schutzeinrichtungen ab: Entsprechende Elemente lassen sich platzsparend als integraler Bestandteil von Steckverbindern realisieren.

## Stand der Technik

Für den nötigen Überspannungsschutz in Fertigungsanlagen sorgen in der Regel Überspannungseinsätze, die auf Hut- oder Sammelschienen im Schaltschrank platziert sind. Die Miniaturisierung hat dafür gesorgt, dass diese auf Tragschienen angebrachten Elemente immer schmaler und kompakter wurden. In Bezug auf eine weitere Miniaturisierung scheint allerdings bei herkömmlichen Schaltschranklösungen oder Klemmleisten eine Grenze erreicht, was sich an der Entwicklung der Standardgrößen ablesen lässt. Unter dem Gesichtspunkt der Platzreduzierung sind deshalb alternative Lösungen gefragt.

## Sicherungsmechanismen schaffen Zuverlässigkeit

Harting hat zusammen mit den Überspannungs- und Blitzschutzspezialisten Dehn & Söhne eine Alternative entwickelt, die Sicherungsmechanismen in den Steckverbinder verlegt. Die neuen Schutzelemente sind als Modul ausgeführt, das sich leicht in ohnehin vorhandene Schnittstellen zur Versorgung von Schaltschränken integrieren lässt. So schützt das Modul wichtige elektronische Komponenten in der Peripherie und beansprucht dafür kaum Platz. Durch die Integration zweier Funktionen – Verbinden und Schützen – wird zugleich die Miniaturisierung vorangetrieben. Die störungsfreie Übertragung von Signalen ist entscheidend für die Sicherheit von Anlagen. Um die verschiedenen Signalarten in den Systemen für

das Messen, Steuern und Regeln aktiv zu schützen, muss das Bezugspotenzial der zu überwachenden Signalkreise bekannt sein. Denn erst dann lässt sich eine passende Abwehr einer Störgröße aktivieren. Die Auswahl konkreter Schutzmechanismen hängt davon ab, ob es sich um Signale mit gemeinsamem Bezugspotenzial oder um in sich geschlossene Signalkreise handelt.

Das Überspannungsschutzmodul gibt es in einer Variante für Signale mit gemeinsamem Bezugspotenzial sowie in einer für geschlossene Signalkreise. Variante eins schützt bis zu vier Kanäle mit binären Schaltsignalen bis 24 VDC, wie sie häufig bei Näherungsschaltern induktiver oder kapazitiver Art in der Fabrikautomation vorkommen. Geschützt werde Eingänge von SPS-Steuerungen oder anderen IO-Karten. Variante 2 schützt zwei Kanäle mit analogen Normsignalen der Größe 4 bis 20 mA oder 2 bis 10 V.

Sie sichert die Signalübertragung beispielsweise in analogen Systemen wie sie bei Temperatur- und Druckmessumformern oder bei optischen Sensoren vorkommen. Beide Varianten passen in den Han-Modular Gelenkrahmen.

## Schutzschaltung leitet Störgrößen ab

Die Schutzschaltung selbst besteht aus einer Kombination verschiedener Elemente wie Gasableiter, Suppressor-Dioden und Widerstände. Tritt eine Überspannung auf, sorgt die Kombination dieser Elemente für eine koordinierte Ableitung der Störgröße. Transiente Spannungen, die die Signalkreise unterbrechen und elektronische Endgeräte zerstören können, werden über ein Federelement und den Han-Modular-Gelenkrahmen zum Potentialausgleich zur Erde abgeführt. Die störungsfreie Weiterleitung der Signale bleibt damit gesichert.

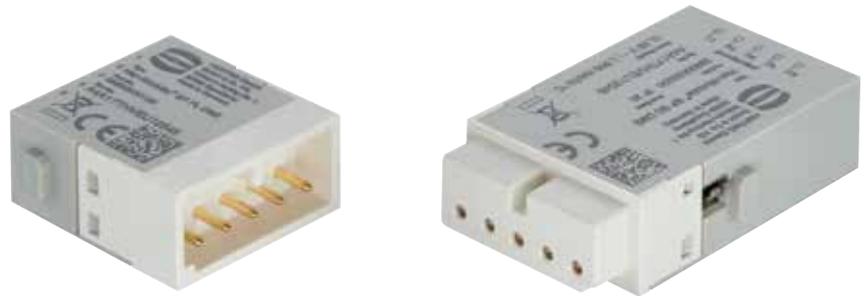


Abbildung 1: Mit dem neuen Überspannungsschutzmodul Han SP ist man flexibler in der Gestaltung.

## Höhere Flexibilität bei der Gestaltung

Die Han-SP-Module im Steckverbinder erhöhen die Flexibilität der Gestaltung des Innenraums. Die SP-Module sollten Teil eines umfassenden Schutzkonzeptes vor transienten Spannungen sein. Ihre Funktion ist, Endgeräte mit einer Nennspannung von 24VDC zu schützen und vor Eintritt in den Schalt-

schrank abzuleiten und elektromagnetische Interferenzen, etwa wegen Blitzeinschlägen, aus dem Schaltschrankinnenraum fernzuhalten. Die Module ermöglichen den einfachen Austausch im Service-Fall oder am Ende der Lebensdauer.

Weitere Informationen zu Harting finden Sie im Business-Profil auf Seite 29.

## STECKVERBINDUNGSLÖSUNGEN VON ODU

### MODULARE STECKVERBINDER



### RUNDSTECKVERBINDER



### ELEKTRISCHE KONTAKTE



### VIELFÄLTIGE VERBINDUNGSLÖSUNGEN FÜR EIN BREITES AUFGABENSPEKTRUM

Ob für die Übertragung von Leistung, Signalen, Daten oder Medien – ODU bietet immer die idealen Schnittstellen, wenn Qualität und absolute Zuverlässigkeit gefragt sind. Wir realisieren die optimale Steckverbindung nach Ihren speziellen Anforderungen – auf Wunsch auch als Komplettsystem aus einer Hand einschließlich Konfektionierung. Als Spezialist für die Entwicklung und Fertigung von Steckverbindungen bündelt ODU alle wichtigen Kompetenzen unter einem Dach.

Mehr auf:  
[www.odu.de](http://www.odu.de)



A PERFECT ALLIANCE.

# DIGITALISIERUNG BEDARF VERNETZUNG

Die digitale Transformation ermöglicht Fabriken effizientere Prozesse und damit eine deutliche Steigerung ihrer Produktivität. Voraussetzung hierfür ist die automatische Datenerfassung aus der Feldebene. Dafür müssen aber alle Maschinen vernetzt sein, nur dann können vielfältige Informationen an IT-Systeme weitergeleitet und dort ausgewertet werden.

TEXT: Daniel Walldorf, TE Connectivity BILD: TE Connectivity

Die digitale Transformation in der Fabrik bezieht sich in erster Linie nicht, wie mitunter irrtümlich angenommen, auf eine stärkere Automatisierung der Fertigungsprozesse, sondern auf eine automatisierte Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Denn nach wie vor müssen etwa im Zuge von Produktionsplanung oder der Statistical Process Control (SPC) zahlreiche Informationen manuell erfasst und aufbereitet werden. Dagegen sind in der digitalen Fabrik vielfältige Maschinendaten sozusagen per Mausklick an nahezu jedem Ort in Echtzeit verfügbar, was die Voraussetzung bildet, um die Effizienz der Fertigungsprozesse zielgerichtet zu steigern.

## Optimierungspotentiale durch Digitalisierung

Zu den weiteren Szenarien, die durch die Digitalisierung optimiert werden können, gehören beispielsweise die Logistik, von den Pufferlagern in der Fertigung bis hin zur gesamten Lieferkette, oder die Wartung. Denn um zu verhindern, dass Maschinen ausfallen, werden Instandhaltungsmaßnahmen häufig in kürzeren Intervallen durchgeführt als eigentlich notwendig. Das führt nicht nur zu längerem Stillstand, sondern auch zu einem höheren Arbeitsaufwand. Durch aktuelle Informationen, die automatisch weitergeleitet werden, ist das Wartungspersonal dagegen jederzeit über den Zustand der Maschinen im Bilde. Das heißt, der Zeitpunkt der Instandhaltungsmaßnahmen kann exakt geplant und die Durchführung gründlich vorbereitet werden, damit dann alles wie am Schnürchen klappt – Stichwort vorausschauende Wartung.

Um diese Szenarien zu realisieren, müssen jedoch sämtliche Maschinen vernetzt sein, was heute beileibe noch nicht der Fall ist. Zwar sind sie normalerweise an eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) angebunden, die mitunter Informationen über den augenblicklichen Status der Maschine oder die Anzahl der hergestellten Teile an ein Manufacturing Execution System (MES) weiterleitet, aber das reicht bei Weitem nicht aus. Denn für intelligente Anwendungen müssen vielfältige Daten detailliert ausgewertet werden.

## Nachrüstung der Kommunikationsinfrastruktur

Welche Möglichkeiten gibt es, um Daten älterer Maschinen in ein Netzwerk zu übertragen? Die klassische Antwort: über eine Schnittstelle in der SPS. Dazu muss diese jedoch umprogrammiert werden, was mit nicht unerheblichen Risiken verbunden ist. Denn oft treten danach Probleme auf und bis sie behoben worden sind, steht die Maschine. Außerdem ist es für die Taktzeit nicht gerade förderlich, wenn die SPS eine Menge zusätzlicher Daten verarbeiten muss.

Die andere Möglichkeit besteht darin, die Maschinen mit zusätzlicher Sensorik und Gateways auszustatten, also einem System für die Interprozesskommunikation. Auf diese Weise lassen sich Daten erfassen, die sonst überhaupt nicht verfügbar wären. Allerdings können nur einfache Analysen durchgeführt werden, beispielsweise zur Qualität (Gutteile/Schlechtteile), und die zusätzliche Infrastruktur erfordert mechanische Veränderungen an den Maschinen, was bisweilen schwierig ist.

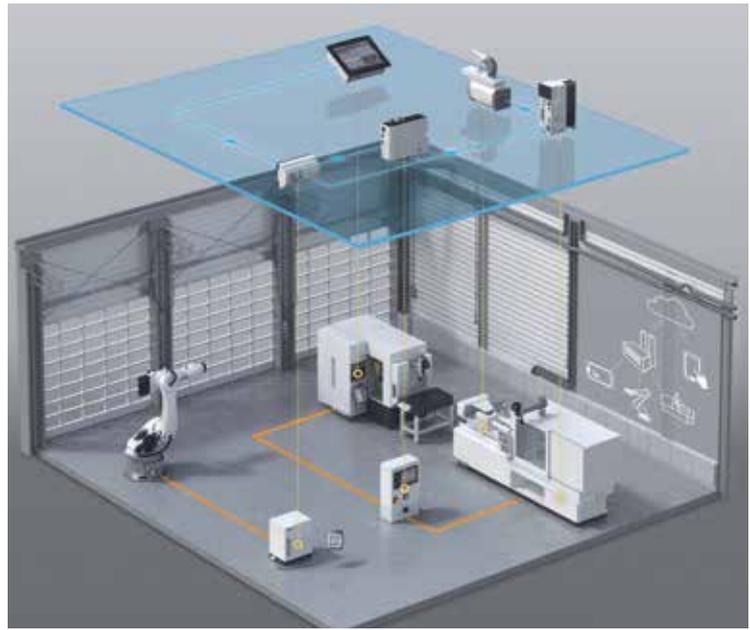


Abbildung 1: Zur Digitalisierung der Fabrik ist es notwendig verschiedene Ebenen der Automatisierungspyramide, eines heterogenen Maschinenparks, an das IT-System anzubinden.

## Veränderung ohne Umprogrammierung möglich

Eine weitere Möglichkeit eröffnen smarte Feldgeräte wie etwa I/O-Module. Da diese Geräte leistungsfähige Mikroprozessoren haben, lassen sich mit ihnen Daten dezentral erfassen und weiterleiten, also über separate Datenverbindung statt über die Automatisierungsprotokolle. Dieser Ansatz bietet vor allem zwei Vorteile. Zum einen kann auf granulare Informationen zugegriffen werden und die Abfragemöglichkeiten lassen sich über die gesamte Lebensdauer der Maschinen jederzeit verändern, ohne dass die Steuerungen umprogrammiert werden müssen. Zum anderen kann die Semantik der Datenmodelle von Automatisierungskomponenten wie Lichtschranken oder intelligenten Sensoren für IT-Systeme verwendet werden, wodurch sich diese Komponenten leichter einbinden lassen.

## Integrierte Status- und Prozessinformationen

Im Grunde kommt es bei der digitalen Transformation der Fabrik darauf an, in jeder Ebene der Automatisierungspyramide die dort typischen Daten zu erfassen und dann an MES-, ERP- (Enterprise Resource Planning) oder spezielle Analysesysteme weiterzuleiten. Bevor das geschieht, werden in einem Integrations-Layer die Prozessinformationen der smarten Feldgeräte mit den Statusinformationen der Steuerungen angereichert. Durch eine solche Architektur werden die Steuerungen nicht zu einem Prozessdatengateway missbraucht. Die digitale Transformation ermöglicht jedoch nicht

nur deutlich effizientere Prozesse, sondern auch neue Geschäftsmodelle. Ein Beispiel dafür ist Robot as a Service, bei dem Hersteller ihre Maschinen an Unternehmen verleihen und zudem einen Maschinenlaufzeit oder -ausstoß sicherstellen. In einem solchen Szenario wird der Maschinenhersteller zum Betreiber der Anlagen ohne lokalen Zugriff auf diese zu haben.

Der Maschinenhersteller muss dann auch Informationen zum prozessspezifischen Maschinenverschleiß wie auch den Umgebungsbedingungen erhalten um diesen Maschinenbetrieb effizient zu gestalten und den Restwert zu schützen. Hierdurch entstehen neue Anforderungen an die Sensorik auch vielfältige Parameter wie Temperatur, Feuchtigkeit oder Vibration zu erfassen.

## Fazit

Die digitale Transformation der Fabrik setzt voraus, dass alle Maschinen vernetzt sind. Um ihre Daten von der Feld- über die Steuerungs- bis in die Unternehmensebene des Netzwerks weiterzuleiten, spielt smarte Verbindungstechnologie eine Schlüsselrolle. Denn diese Technologie ermöglicht es, Prozessinformationen von Maschinen automatisch zu erfassen und an einen übergeordneten Integrations-Layer zu übertragen, wo sie mit den Status-Informationen der SPSEN zusammengeführt werden. Im letzten Schritt lassen sich die Daten in IT-Systemen auswerten, was eine grundlegende Voraussetzung ist, um Fertigungsprozesse sowie Logistik und Wartung weiter zu optimieren. □

# ANSCHLIESSEN IM HANDUMDREHEN

Ohne industrieelektronische Geräte keine vierte industrielle Revolution. Ohne Leiterplatten keine industrieelektronischen Geräte. Und ohne Leiterplattenanschlüsse keine elektronische Funktion. Das bringt auf den Punkt, warum zuverlässige und komfortabel bedienbare Leiterplattenanschlüsse funktionskritische Komponenten für hochautomatisierte Anlagen sind.

TEXT: Michael Nordholz, Phoenix Contact BILD: Phoenix Contact

Was macht Leiterplattenanschlüsse besonders zuverlässig? Und wie definiert sich deren Bedienkomfort? In der Entwicklung der hebelbedienbaren Leiterplatten-Steckverbinder LPC 6 und LPCH 6 spielten genau diese Fragen eine zentrale Rolle. Das Hauptaugenmerk lag darauf, das Risiko von Bedienfehlern und damit Kontaktbeeinträchtigungen konstruktiv weitestgehend auszuschließen. Im Entwicklungsprozess entschied sich das Entwicklerteam daher schon frühzeitig für den Federanschluss. Hier sahen die Entwickler das größte Potenzial, die Zuverlässigkeit und den Bedienkomfort weiter zu steigern.

Die Push-in-Feder bietet dafür eine hervorragende technische Basis: Zum einen können Anwender starre Leiter sowie flexible Leiter mit Aderendhülse mühelos direkt in den Leiterschacht einführen, ohne die Schenkelfeder zuvor zu spannen. Zum anderen stellt die verwendete Schenkelfeder selbstständig die erforderliche Kontaktkraft zwischen Leiter und Strombalken her. Durch die speziell abgestimmte Federkennlinie ergibt sich jeweils eine individuelle Kontaktkraft in Abhängigkeit vom Durchmesser des angeschlossenen Leiters. Mit zunehmendem Durchmesser des Leiters wird die Feder weiter ausgelenkt - woraus eine höhere mechanische Spannung und letztlich eine höhere Kontaktkraft resultiert.

## Schnell und sicher anschließen

Um den Anschlusskomfort und die Zuverlässigkeit noch weiter zu optimieren, hat das Entwicklungsteam das Push-in-Prinzip um einen neu konstruierten Bedienhebel ergänzt. Die Vorteile liegen sprichwörtlich auf der Hand: Dank des intuitiv bedienbaren Hebels können Anwender den Klemmraum ohne zusätzliches Werkzeug öffnen und die Leiter anschließend komfortabel mit der freien Hand einführen. Die Gestaltung des Leitereinführtrichters verhindert wirksam das Abspleißen einzelner Litzen. Flexible Leiter müssen also nicht mit zusätzlichen Aderendhülsen

vorbereitet werden. Auf diese Weise wird die Verdrahtungszeit erheblich reduziert.

Darüber hinaus bietet der farbig abgesetzte Bedienhebel eine deutlich erkennbare optische und haptische Rückmeldung zum Zustand des Klemmraums. Ist der Hebel in Richtung der Klemmstelle umgelegt, ist diese in jedem Fall sicher geschlossen. Nicht geschlossene Klemmräume und somit fehlerhafte Verbindungen fallen so unmittelbar auf. Die elektrische Verbindung zwischen Leiter und Leiterplatte erfolgt über je zwei Kontaktpaare pro Pol, die zusammen die so genannte Kontakttulpe bilden. Gemeinsam mit dem messerförmigen Kontakt der Grundleiste bilden sie eine vollverzinnete und gasdichte Kontaktzone.

Erhöhte Sicherheit bei Leistungs- und Temperaturschwankungen bieten die integrierten Stahlüberfedern. Der zusätzliche Druck dieser Federn auf den Kontakt verhindert Kontaktkorrosion und gewährleistet so einen langzeitstabilen Übergangswiderstand.

## Erhöhter Berührschutz dank Isolation

Die wesentliche Aufgabe des Steckverbindergehäuses ist es, die stromführenden Teile im Inneren zu isolieren und den Anwender so vor einem potenziell lebensbedrohlichen elektrischen Schlag zu schützen.

Die neuen Steckverbinderreihen LPC 6 und LPCH 6 wurden entsprechend der einschlägigen europäischen und amerikanischen Produkt- und Gerätenormen konstruiert, und sie berücksichtigen die vorgeschriebenen Luft- und Kriechstrecken zum Erreichen der ausgewiesenen Spannungsfestigkeit. Für einen erweiterten Berührschutz auch im ungesteckten Zustand wurden die Abstände zwischen berührbaren Oberflächen und potentielführenden Kontaktflächen bei Stecker und Grundleiste grö-

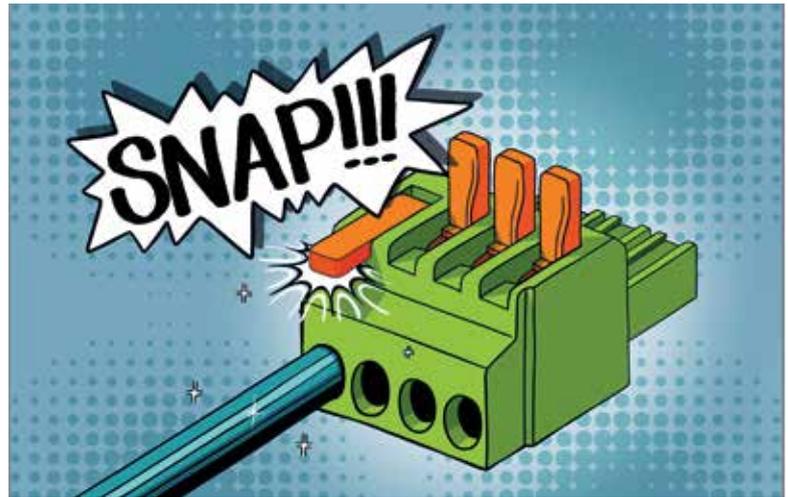


Abbildung 1: Leiterplatten-Steckverbinder: Der intuitive Bedienhebel vereinfacht den Anschluss der Leiter.

ßer als drei Millimeter ausgeführt. Die optionale Kodierung von Steckern und Grundleisten verhindert, dass gleichartige Stecker irrtümlich gesteckt werden. Spezielle Kodierprofile stellen sicher, dass nur ebenfalls kodierte Gegenstücke aufgesteckt werden können. Auch die optional erhältliche Flanschvariante des Steckverbinders folgt konsequent dem Konzept der werkzeuglosen Bedienbarkeit. Wird der Stecker in die Grundleiste eingesteckt, rastet der Mittelflansch automatisch ein und schützt die Verbindung vor einer versehentlichen Trennung.

Zum Entriegeln muss der Rasthebel lediglich nach unten gedrückt werden, um den Stecker wieder ziehen zu können. Die schraubenfreie Verriegelung ist selbsterklärend und schließt nicht korrekt angezogene Flanschverschraubungen aus. Verglichen mit konventionellen Schraubflanschen benötigt der Mittelflansch zudem zirka 50 Prozent weniger Bauraum.

## Hybridausführung reduziert den Bauraum

In der Antriebstechnik werden immer häufiger so genannte Einkabellösungen eingesetzt. Servoantrieb und Umrichter werden hierbei mit einer Leitung verbunden, in der die Leistungsverorgung mit der Geberleitung und den Adern für analoge Signale in einem Mantel kombiniert sind. Die Encoder-Daten werden der Versorgungsspannung der Motor-Feedback-Systeme aufmoduliert.

Die Vorteile der Einkabellösung - der reduzierte Platzbedarf, die Anzahl benötigter Komponenten, die verkürzte Verdrahtungszeit und das geringere Ausfallrisiko - lassen sich mit der Hybridausführung LPCH 6 konsequent auch bei Umrichtern nutzen. Die zugehörige Multi-Pitch-Grundleiste reduziert den Bauraum auf der Leiterplatte und in der Gerätefront zusätzlich. Eine optional erhältliche Leitungsschirmauflage komplettiert das Hybridkonzept.

## Fazit

Ein kleiner Hebel, der vieles verändert: Künftig kann der Schraubendreher bei der Geräteverdrahtung in der Tasche bleiben. Der Komfortgewinn ist kein Selbstzweck, sondern beschleunigt die Inbetriebnahme, minimiert die Wahrscheinlichkeit von Anwendungsfehlern und erhöht die Verfügbarkeit der industrieelektronischen Baugruppe. Da Anwender zudem die Anzahl verbauter Komponenten reduzieren können, sinken auch die Teile-, Lager- und Montagekosten.

Hebelbedienbare Leiterplatten-Steckverbinder bringen neuen Komfort in den Leiteranschluss. Die integrierte Schenkelfeder gewährleistet eine gleichbleibende Kontaktkraft und der intuitiv bedienbare und farbig abgesetzte Hebel signalisiert optisch, haptisch und akustisch den Zustand der Klemmstelle. So geschieht der Leiteranschluss wortwörtlich im Handumdrehen und der Anwender kann sich sicher sein, dass die Leiter bei umgelegtem Hebel zuverlässig kontaktieren. Da die Hebelbedienung auf dem bewährten Push-in-Federanschluss basiert, können flexible Leiter mit Aderendhülse oder starre Leiter auch bei geschlossenem Hebel direkt in die Klemmstelle gesteckt werden. Die Vorteile lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Werkzeugloses Hebelprinzip erlaubt zeitsparendes Anschließen und Lösen von Leitern mit und ohne Aderendhülse
- ▶ Eindeutige Hebelpositionen liefern Rückmeldung über geöffneten oder geschlossenen Klemmraum
- ▶ Definierte Kontaktkraft sorgt für langzeitstabile Kontaktierung
- ▶ Push-in-Anschluss bei geschlossenem Hebel spart Zeit
- ▶ Erweiterter Berührschutz bietet zusätzliche Sicherheit auch in ungestecktem Zustand
- ▶ Kombination von Leistung und Signalen spart Zeit und Platz □

# BLUETOOTH 5 IN DER INDUSTRIE 4.0

Bluetooth 5 und Bluetooth Mesh bieten die wichtigsten Erweiterungen der Bluetooth-Technologie seit der Einführung im Jahr 1998. Sie ermöglichen zahlreiche neue Einsatzmöglichkeiten, wovon viele besonders relevant für industrielle IoT-Anwendungen sind.

TEXT: Pelle Svensson, U-blox Malmö BILDER: U-blox

Im Dezember 2016 führte das Bluetooth-Konsortium, die Bluetooth Special Interest Group (SIG), Bluetooth 5 ein, die neueste Version der Kernspezifikation von Bluetooth. Die fünfte Version weist eine Reihe Verbesserungen auf. Neben der Bluetooth 5-Spezifikation veröffentlichte das Konsortium im Juni 2017 die Spezifikation für Bluetooth Mesh. Bei Bluetooth Mesh handelt es sich um eine Software-Erweiterung, die bei jeder Lösung mit Bluetooth Low Energy eingesetzt werden kann. Bluetooth 5 ist dazu nicht erforderlich.

## Die Highlights von Bluetooth 5

Bluetooth 5 bietet im Vergleich zur Vorgängerversion drei wichtige Verbesserungen: doppelte Datenrate (2 Mbit/s statt 1 Mbit/s), vierfache Reichweite und achtfache Advertising-Paketgrösse (Beacons). Dank der physischen Rate (PHY) von 2 Mbit/s verdoppelt sich im Vergleich zur Vorgängerversion der Spezifikation die Datenmenge, die pro Sekunde übertragen werden kann. Zwar erfordert Bluetooth 5 geringfügig mehr Strom als früher. Andererseits erfolgt die Übertragung doppelt so schnell. Infolgedessen kann dieselbe Datenmenge mit etwas mehr als 50 Prozent der bei Bluetooth 4.2 erforderlichen Gesamtenergie übertragen werden.

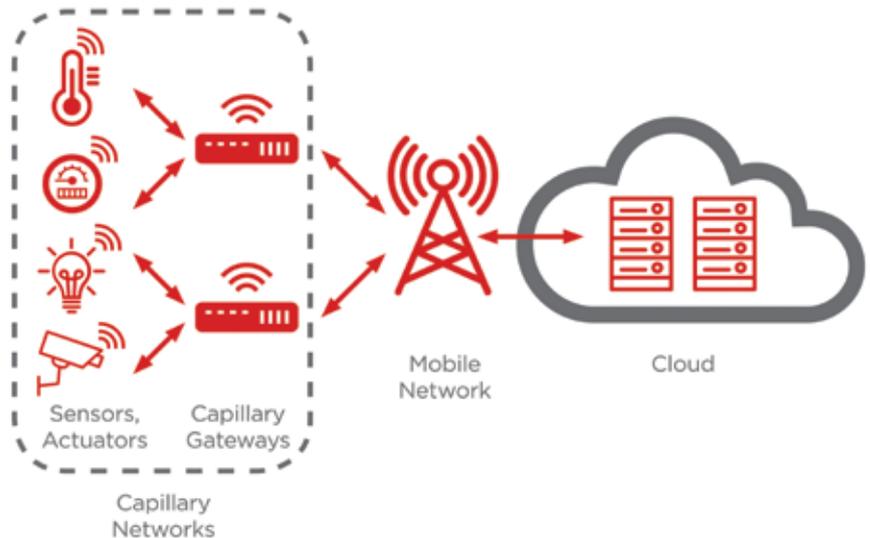
Neben schnelleren Datenübertragungsraten sorgen die kürzeren Übertragungszeiten für eine verbesserte Koexistenz mit anderen 2,4 GHz-Funksendern, darunter andere Verbindungen per Bluetooth Low Energy, da der Funksender weniger lang aktiv ist. Die Bluetooth Special Interest Group ist bestrebt, durch die Vergrößerung der Reichweite des Bluetooth-Signals den Einsatz von Bluetooth Low Energy auf den gesamten häus-

lichen Bereich auszuweiten. Die beiden neuen Modulationsoptionen 125 kbit/s und 500 kbit/s vergrössern die Reichweite im Vergleich zur derzeitigen Spezifikation für Bluetooth Low Energy auf das bis zu Vierfache. Es wird davon ausgegangen, dass Bluetooth-Signale bei Sichtverbindung mit demselben Energieeinsatz eine Reichweite von 1 km überschreiten werden. Durch die Bluetooth 5-Spezifikation erhöht sich auch die maximale Ausgangsleistung auf 20 dBm. Derzeit beträgt der Wert 10 dBm. Auf diese Weise können Bluetooth 5 Geräte in noch grösserem Abstand betrieben werden, was aber auch einen höheren Stromverbrauch mit sich bringt.

## Intelligenter Datenaustausch

Das dritte Leistungsmerkmal von Bluetooth 5 ist die erweiterte Advertising-Funktion. Advertising wurde erstmals bei Bluetooth Low Energy eingeführt. Mit dieser Funktion können Low-Power-Sensorknoten einer Zentraleinheit signalisieren, dass neue Daten vorliegen. Wenn die Zentraleinheit an den Daten interessiert ist, erstellt sie eine Verbindung, bei der Daten mit dem Sensorknoten ausgetauscht werden. Nach dem Datenaustausch wird die Verbindung beendet und der Sensorknoten wechselt zurück in den Low-Power-Modus. Kurze Advertising-Meldungen reichten für diese Art des Austauschs aus. Doch schon bald kamen die Gerätehersteller auf die Idee, dass diese Art «nicht verbundener» Advertising-Meldungen auch als Beacon zum Senden von Informationen genutzt werden können, ohne dass erst eine Verbindung aufgebaut werden muss. Mit der Verbreitung der Beacon-Einsatzmöglichkeit kam der Wunsch, diese Funktion leistungsstärker zu machen und ihre Möglichkeiten zu erweitern. Bluetooth 5 ver-

Abbildung 1: Das Schaubild zeigt Kapillarnetzwerke gemäß Ericsson.



bessert die Beacon-Einsatzmöglichkeiten: Die Länge der Advertising-Meldungen wurde von früher 31 Byte auf 512 Byte gesteigert, wobei auch mehrere 512 Byte-Meldungen zusammengefasst werden können. Um Staus zu vermeiden, werden diese Advertising-Pakete auf alle 40 verfügbaren Kanäle ausgehend und nicht wie bei der bisherigen Spezifikation auf drei Advertising-Kanäle beschränkt.

Dank der erweiterten Advertising-Funktion können Knoten mehr Datenpakete, sogar Paketströme versenden, ohne zuvor eine Verbindung per Bluetooth Low Energy aufbauen zu müssen. Zwar wurde Bluetooth Low Energy für Low Power-Einsatzmöglichkeiten, kurze Datenpakete und den schnellen Verbindungsaufbau konzipiert. Doch der Aufbau einer Verbindung per Bluetooth Low Energy verbraucht immer auch zusätzlichen Strom. Bei einigen Einsatzmöglichkeiten kann der Stromverbrauch durch den Datenversand ohne Verbindung sogar noch weiter gesenkt werden. Advertising-Meldungen spielen bei Bluetooth Mesh eine entscheidende Rolle.

### Einsatzerweiterung durch Bluetooth Mesh

Kurz nach der Veröffentlichung der Spezifikation von Bluetooth 5 brachte die Bluetooth SIG die Spezifikation für Bluetooth Mesh heraus. Gemeinsam bilden Bluetooth 5 und Bluetooth Mesh die Basis für viele neue Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten. Sie sind für industrielle IoT-Lösungen besonders wichtig, da sie Einsatzmöglichkeiten eröffnen, die bisher nur mit anderen Technologien wie ZigBee, Sub-GHz und weiteren möglich waren. Da die wesentlichen Vorteile bereits von Bluetooth unterstützt werden, wird die Kombinati-

on von Bluetooth 5 und Bluetooth Mesh voraussichtlich eine Vielzahl neuer Anwendungsgebiete und Einsatzmöglichkeiten eröffnen. Bluetooth Mesh wird von der Bluetooth SIG standardisiert. Das bedeutet, dass Geräte, bei denen der neue Standard implementiert ist, interoperabel sein werden. Bluetooth Mesh basiert auf einem Publish-Subscribe-Modell, auf Managed-Flooding und der Partnerschaft von Low-Power-Knoten.

In einem Bluetooth Mesh-Netzwerk werden die Netzwerkknoten so konfiguriert, dass sie nach einem Publish-Subscribe-Modell arbeiten. Informationen werden in Form von Meldungen zwischen den Knoten übermittelt. Knoten, die Daten oder Aktionen bereitstellen, verwenden Meldungen, um Informationen im Netz zu veröffentlichen. Andere Knoten können die in den Meldungen enthaltenen Daten entweder sammeln oder für Aktionen nutzen. Ein einfaches Mesh-Netzwerk, das aus Schaltern und Lampen besteht, zeigt, wie deren Betrieb konfiguriert ist. Um eine Meldung im Mesh-Netzwerk zu verbreiten, sendet der Quellknoten seine Meldung ganz einfach per Advertising. Andere Knoten im Netzwerk empfangen die Meldung und leiten sie an alle anderen Knoten weiter. Dadurch wird die Reichweite des Mesh-Netzwerks im Vergleich zu einer einzelnen Bluetooth-Verbindung gesteigert. Dies wird als Flooding-Mesh bezeichnet.

Damit ein Netzwerk die Weiterleitung unterstützt, müssen die Weiterleitungsknoten jederzeit für Meldungen empfangsbereit sein. Sie dürfen folglich nicht im Low-Power-Modus arbeiten. Knoten mit begrenzter Leistung können stattdessen für eine Partnerbeziehung mit Weiterleitungsknoten konfiguriert werden. Bei einer Partnerbeziehung speichert der Wei-

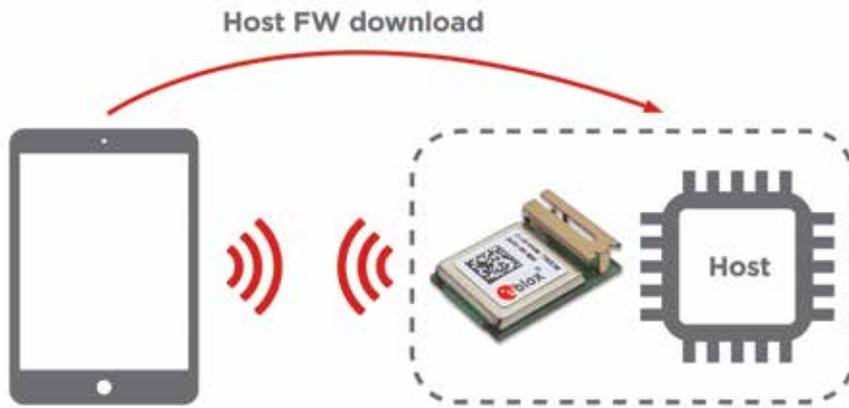


Abbildung 2: Die von Bluetooth Low Energy gelieferten Datenraten unterstützen drahtlose Firmware-Updates.

terleitungsknoten Daten temporär, bis der Low-Power-Knoten erwacht. Die Daten werden dann innerhalb des kurzen Zeitraums ausgetauscht, in dem der Low-Power-Knoten aktiv ist.

### Steigerung der Effizienz in der Industrie 4.0

In der Fertigung arbeitet man mit Industrie 4.0 daran, Technologien zur Steigerung der Effizienz und der Umweltverträglichkeit einzusetzen. Beispiele für solche Grundlagentechnologien sind etwa kostengünstige Sensoren mit geringem Stromverbrauch, Wireless-Konnektivität, erschwingliche Netzinfrastruktur und Rechenleistung für die Analyse grosser Datenmengen (Big Data). Bei der vorbeugenden Wartung werden herkömmliche Elektromotoren beispielsweise mit Sensoren ausgestattet. Die Sensordaten werden dann analysiert, um den Betriebszustand zu beurteilen (Temperatur, Vibrationen und weitere) und anhand dessen zu prognostizieren, wann eine Wartung erforderlich ist. Das Ziel der vorbeugenden Wartung ist es, zum einen unerwartete Ausfälle zu verhindern, die zu ungeplanten Unterbrechungen des Fertigungsprozesses führen würden, und zum anderen unnötige Wartungsarbeiten zu vermeiden, die ein zu konservativer Wartungsplan mit sich bringen würde.

Die erweiterten Funktionsmerkmale von Bluetooth 5 ebnen den Weg für eine Reihe neuartiger Anwendungen im industriellen IoT-Bereich. Beispiele hierfür sind Firmware-Updates für Geräte, umfangreiche Sensornetzwerke in der Industrie, Güterlokalisierung, vernetzte Gebäude und industrielle Echtzeitsteuerung. Die höhere Datenrate von Bluetooth 5 (bis zu 1,4 Mbit/s) reicht aus, um schnell kleine Dateien über die Verbindung per Bluetooth Low Energy zu versenden. So können industrielle Geräte mit eingebetteter Firmware wie etwa frequenzgesteuerte Antriebe Firmware-

Dateien für drahtlose Firmware-Updates (DFU-OTA) über eine Verbindung per Bluetooth Low Energy empfangen. Smartphones der aktuellsten Generation, die Bluetooth 5 unterstützen, können als mobile Gateways zwischen Internet und industriellem Gerät genutzt werden.

Für die vorbeugende Wartung müssen Sensoren mit einer Reihe ansonsten nicht vernetzter Geräte verbunden sein. Es gibt zwei Möglichkeiten, dies zu erreichen: Die Sensoren können entweder direkt mit dem Mobilfunknetz oder mit Funknetzen kurzer Reichweite verbunden sein, die ihrerseits mit Mobilfunk-Gateways verbunden sind. Die zweite Methode wird als Kapillarsensornetzwerk bezeichnet. Bluetooth 5 und Bluetooth Mesh können Kapillarsensornetzwerke unterstützen, da mit ihrer Hilfe zahlreiche Sensoren an ein umfangreiches Netzwerk angehängt werden können.

### Anwendungsmöglichkeiten

Mesh-Netzwerke, die zur Lichtsteuerung in einem Gebäude oder einer Fabrik eingerichtet wurden, können für zusätzliche Anwendungszwecke, etwa für die Güterlokalisierung, genutzt werden. Dazu müssen Bluetooth Mesh-fähige Inventartags mit demselben Mesh-Netzwerk verbunden werden. Dadurch können die Knoten des Mesh-Sensornetzwerks an die Geräte, die das Netzwerk überwachen, melden, welche Inventartags sie erkannt haben. Anhand der von mehreren Knoten im Netzwerk gesammelten Daten, kann der Standort der einzelnen Inventargegenstände ungefähr ermittelt werden. Die erzielte Genauigkeit reicht aus, um zu sagen, auf welcher Etage und sogar in welchem Raum sich gesuchte Inventargegenstände befinden. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise teure, bewegliche Industrieanlagen und Sonderwerkzeuge an Fertigungsstandorten überwachen. □

# ELEKTROMECHANIK



BILD-SPONSOR: FISCHER ELEKTRONIK

**142 Im Rampenlicht**  
Fischer Elektronik

**144 Individuelle Entwärmungskonzepte**  
Thomas Fischer, Fischer Elektronik

**145 Gehäusetechnik für mobilen Einsatz**  
Stephan Leng, Heitec

**148 Gehäuse ist nicht gleich Gehäuse**  
Thomas Windeck, CTX Thermal Solutions

**150 Universelle Kühlkörpergestaltung**  
Jürgen Harpain, Fischer Elektronik

# IM RAMPENLICHT

Wenn es um das Kühlen, Schützen und Verbinden von Elektronik geht, hat Fischer Elektronik stets die passende Lösung. Mit seiner langjährigen Erfahrung bietet das Unternehmen rund 80.000 verschiedene Produkte „Made in Germany“. Wie individuell sie sind, zeigen die Fotos auf diesen Seiten.

TEXT: Fischer Elektronik BILDER: Dominik Gierke

## Aluminiumgehäuse

Gehäuse aus Aluminium-Strangpressprofilen oder -blechen sind besonders robust und bieten empfindlicher Elektronik ausreichend Schutz vor negativen Einflüssen. Aluminium lässt sich nicht nur sehr gut mechanisch bearbeiten und dadurch auf die individuellen Wünsche anpassen, sondern zudem optisch hochwertig gestalten.



#### Individuelle Gehäusegestaltung

Nicht nur in puncto Schutz kommt es auf die richtige Gehäuseauslegung an, sondern auch bei der optischen Gestaltung. Denn auch bei Gehäusen zählt der erste Eindruck. Designelemente aus farbigem Kunststoff oder Lackierungen und Bedruckungen nach dem Corporate-Design frisken die Optik auf und geben dem Gehäuse ein individuelles Erscheinungsbild.

#### Zuverlässige Entwärmung

Auch im Gehäusebereich spielt die Entwärmung von Elektronik eine immer größer werdende Rolle. Die Vorzüge des Gehäusewerkstoffs Aluminium sind hier von großem Vorteil. Aluminium bietet bei einer relativ geringen Dichte von  $2,7 \text{ g/cm}^3$  einen vergleichsweise hohen Wärmeleitwert von etwa  $220 \text{ W/mK}$ . Dadurch ist es besonders geeignet für die Konstruktion von Gehäusen mit Kühlrippen, die in die Gehäusekontur integriert werden. Die Kühlrippen geben durch die Oberflächenvergrößerung mehr Verlustwärme aus dem Gehäuseinneren an die Umgebung ab.

## INDIVIDUELLE ENTWÄRMUNGSKONZEPTE

Der Trend zu individuell zugeschnittenen Wärmeableitgehäusen nimmt immer mehr zu. Gerade Gehäuse aus Aluminium sind hierfür, aufgrund ihrer Dichte und guten Wärmeleitfähigkeit, besonders geeignet. Die in die Gehäuse integrierten Kühlrippen, sorgen für die besonders hohe Abgabe der Wärme an die Umgebung, was eine Überhitzung verhindert.

Die Chiptechnologie stößt bei der Miniaturisierung mittlerweile an ihre physikalischen Grenzen, trotzdem geht es mit neuen Technologiefortschritten in puncto Leistung ununterbrochen weiter. Dieser Technologietrend erfordert individuell zugeschnittene Gehäusekonzepte, die neben dem mechanischen Schutz auch für einen thermischen Ausgleich sorgen.

Mit der 3D-Chiparchitektur werden moderne Chips, durch Stapelung der Schaltkreise, mehrschichtig aufgebaut. Thermisch betrachtet wirkt sich eine Stapelung der Schaltkreise auf die Lebensdauer der Bauteile negativ aus. Grund hierfür ist, dass die Wärme aus den unteren Schaltkreisen, die darüber liegende Schaltkreise, Schicht für Schicht durchqueren muss, bevor sie über das Halbleitergehäuse abgeleitet werden kann.

Für solche und andere thermisch empfindliche Applikationen kommen spezielle Wärmeableitgehäuse aus Aluminium zum Einsatz, die das Überhitzen der Teile verhindern. Aluminium eignet sich wegen der relativ geringen Dichte von  $2,7 \text{ g/cm}^3$  und der guten Wärmeleitfähigkeit von  $220 \text{ W/mK}$  besonders gut als Werkstoff für Wärmeableitgehäuse. Im Strangpressverfahren, welches auch bei der Kühlkörperherstellung zum Einsatz kommt, wird aus der gängigen Aluminiumknetlegierung EN AW-6060, die gewünschte Gehäusegeometrie in Strängen gepresst und zu Gehäuseprofilen weiterverarbeitet.

Die Gehäusegeometrie der Wärmeableitgehäuse besitzt integrierte Kühlrippen, die durch eine Oberflächenvergrößerung, große Mengen Wärme an die Umgebungsluft abgeben. Diese Art von passiver Kühlung bringt den Vorteil, dass Gehäuse



**Thomas Fischer**  
Geschäftsführer von  
Fischer Elektronik  
info@fischerelektronik.de

durch die fehlenden Lüftungsöffnungen höhere IP-Schutzklassen erreichen und somit auch problemlos in rauen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden können. Zudem werden keine Lüftermotoren benötigt. Dadurch wird eine aktive Überwachung der Entwärmung überflüssig.

Neben der Gehäusegeometrie ist für eine reibungslose Entwärmung der Halbleiter, die effektive Übertragung der Verlustwärme vom Halbleiter zum Gehäuse sicherzustellen. Eine konventionelle Methode hierzu ist der Einsatz von Wärmebrücken in Form von Wärmespreizblechen oder Wärmeleitrohren. Spezielle auf die Applikation ausgelegte Wärmeleitpasten und Folien gleichen die kleinsten Unebenheiten auf der Materialoberfläche aus und verhindern Luftschlüsse, die einen hohen Wärmeübergangswiderstand besitzen.

Der Trend zu individuellen Wärmeableitgehäusen nimmt weiter zu. Die Aluminiumstrangpresstechnologie bietet bei der Gestaltung des Gehäuses die nötige Fertigungsgrundlage. Moderne CAD-Systeme gestatten dem Entwickler bereits in der frühen Produktentwicklungsphase eine realitätsnahe Einsicht in das Produkt. Eine Vielfalt an Simulationswerkzeugen wie, FEM-, Thermo- oder EMV-Simulationen unterstützen den Entwickler bei der Auslegung des Produktes. Mit dem heutzutage weit entwickelten 3D-Druck und der Lasersinter-technologie können die ersten Prototypen bereits in kürzester Zeit in die Hand genommen werden. Unterstützung gibt es von versierten Gehäuseherstellern die über langjährige Erfahrung und moderne Technologie verfügen.

# GEHÄUSETECHNIK FÜR MOBILEN EINSATZ

Gehäuse für Elektronikanwendungen müssen vielfältige Aufgaben erfüllen und gleichzeitig zahlreiche Schutzfunktionen für die Elektronik bieten. Neben dem Schutz vor elektromagnetischer Beeinflussung muss das Gehäuse auch mechanischen Schutz und entsprechende Sicherheitsmechanismen gewährleisten, damit ein Ausfall der Elektronik in jedem Fall verhindert wird.

TEXT: Stephan Leng, Heitec BILDER: Heitec

Für Entwickler von Elektroniksystemen ist es zwingend notwendig, die Umgebungsbedingungen, in denen das System zum Einsatz kommen soll, genauestens zu kennen und mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen eine Auswahl der benötigten Bauteile zu treffen. Ganz typische Kriterien sind beispielsweise Non-stop-Betrieb, eine geringere, höhere oder breitbandigere Umgebungstemperatur, hohe Luftfeuchte, Verunreinigungen, Einsatzhöhe, Einstrahlung, unter Umständen der Schutz vor Bedienung durch unautorisierte Personen sowie statische oder dynamische Belastungen.

Bei Anwendungen unter leichter Beanspruchung sind Baugruppenträger mit Profilschienen, die eine geringe Querschnittsfläche aufweisen, völlig ausreichend und aus Kostengründen dringend zu empfehlen. Bei rauer Umgebung oder mobilen Einsätzen sieht das anders aus. Durch die verschiedenen Einsatzorte der Elektronik ergeben sich vielfältige Umgebungsbedingungen. Doch unabhängig davon, ob ein Elektronikgehäuse stationär in Innenräumen, draußen an der Strecke oder mobil im Zug Anwendung findet - die vollständige Funktionalität der empfindlichen Elektronik muss zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sein.

## Die Umgebungsbedingungen sind entscheidend

Obwohl im mobilen Einsatz heftige Bewegungen um die drei Raumachsen starke Rüttel-, Vibrations- und Schockbelastungen erzeugen, muss die Gehäusetechnik Ausfälle der verbauten Elektronik verhindern und diese schützen. Dazu kommt das Risiko, dass die andauernden Stoß- und Vibrationsbelastungen über einen längeren Zeitraum hinweg Materialermüdung und den Ausfall von Komponenten generieren

können. Im Bereich Infrastruktur in der Verkehrstechnik, etwa als Teil eines Personeninformationssystems, müssen Baugruppenträger sogar teilweise Stoß- und Vibrationsbelastungen bis zu 5 G verkraften. Solche Belastungen bis hin zu möglichen Kollisionen müssen der eingebaute Baugruppenträger und die darin enthaltenen Komponenten unbeschadet überstehen. Um dies sicherzustellen, gibt es spezifische Bahn-Normen, die die internationalen Normen bezüglich mechanischer Stabilität, Stoß und Vibration sowie elektromagnetischer Verträglichkeit ergänzen und verschärfen.

## Anforderungen der Norm entsprechend

In der EN 50155 und der IEC 61587-1 werden die Faktoren, die ein Baugruppenträger für Elektronik unter den gegebenen Bedingungen erfüllen muss, genau beschrieben und entsprechende Prüfverfahren definiert. Die im europäischen Raum am meisten verbreitete Bahnnorm EN 50155 sieht eine garantierte Funktionsfähigkeit der Elektronik von 24 Stunden am Tag über 20 Jahre oder entsprechend etwa 175.000 Stunden vor. Es werden die Testmethoden und Grenzwerte für Stoß und Vibration umrissen, die dann in der EN 61373 Norm detailliert festgelegt sind. Abhängig von Einbauort und Belastungsrichtung reichen diese Grenzwerte bis zu 100 g am Radsatz, wo im Einsatz die höchste Belastung herrscht. Darüber hinaus beinhaltet die EN 50155 nicht nur Vorgaben für mechanische Belastungen. Sie definiert außerdem einen Umgebungstemperaturbereich von -40 bis 85 °C sowie geforderte Feuchtwerte, die mit teilweise 95 Prozent relativer Feuchte so anspruchsvoll sind, dass meist schutzlackierte Baugruppen oder wasserdichte Gehäuse zum Einsatz kommen müssen. Die Umweltnorm DIN EN 61587 beschreibt die Prüfbedingungen und die ent-

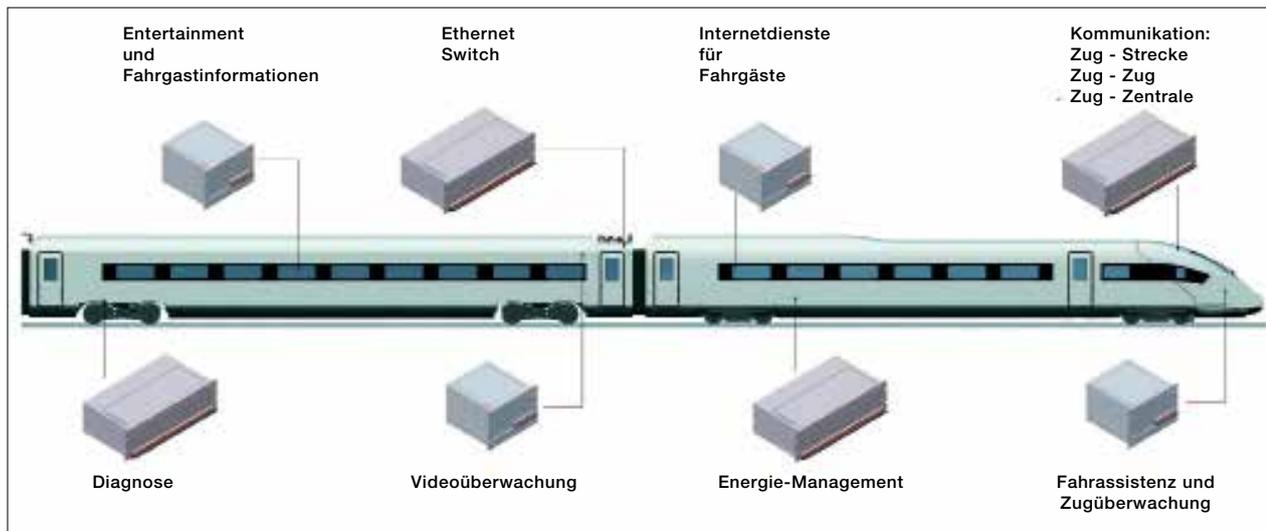


Abbildung 1: Für Gehäusetechnik gibt es zahlreiche Einsatzgebiete innerhalb von Zügen.

sprechenden Werte von mechanischen Komponenten elektronischer Einrichtungen. Im ersten Teil werden klimatische und mechanische Prüfungen sowie Sicherheitsaspekte für Schränke, Gestelle, Baugruppenträger und Einschübe definiert. Im zweiten Teil finden sich sämtliche Vorgaben für Erdbeben-tests und der dritte Teil deckt Funktionstests der elektromagnetischen Abschirmung ab.

Die in der DIN EN 61587 geforderten Werte sind in vielerlei Hinsicht noch anspruchsvoller als die in der EN 50155 beschriebenen, weshalb die Norm bevorzugt bei Anwendungsfällen mit starken Beanspruchungen angewandt wird. Da die Anforderungen bei den europäischen Normen sehr hoch sind, greifen andere Länder in Asien oder Lateinamerika ebenfalls auf diese zurück und formulieren ähnliche Vorgaben. Ergänzend dazu gibt es weitere länderspezifische Normen.

Die Vorgaben für sicherheitsrelevante Applikationen sind komplex, aber mit dem entsprechenden Normenwissen – und nun auch mit einer neuen, den Aufwand reduzierenden Option in punkto

Gehäusetechnik - lassen sich die meisten der möglichen Anwendungsfälle effizient realisieren. In der Vergangenheit hatte die Anforderung nach Bahntauglichkeit eines Baugruppenträgers meist ein kundenspezifisches Gehäuse mit entsprechend höheren Kosten zur Folge. Um die Stabilität zu erhöhen, waren weitere Komponenten wie zusätzliche Schienen aber auch verstärkte Flansche nötig. Dies bedeutete zudem, dass weitere Schraubpunkte vorgesehen werden mussten.

### Schneller umsetzen

Mit dem HeiPac Vario Heavy hat Heitec ein Baugruppenträgersystem designed, welches selbst die hohen Anforderungen der beiden genannten Standards erfüllt und viele weitere notwendige Anpassungsschritte überflüssig macht. Es wurde speziell für den Einsatz unter rauen Umgebungsbedingungen und für mobile Anwendungen, wie Bahntechnik oder Schiffsverkehr, konzipiert. Konstruktive Besonderheiten, wie doppelt verschraubte Profilschienen und verstärkte Befestigungsflansche, ergeben eine Verpackungslösung für Elektronik, deren statische und dynamische Belast-

barkeit weit über die in den Normen geforderte hinausgeht. Die Verwendung hochfester Aluminiumlegierungen sowie hochwertiger Materialien erhöht die Steifigkeit des Gehäuses oder Baugruppenträgers so weit, dass die Elektronik problemlos in den verschiedensten mobilen Anwendungen, sei es on-track oder off-track, bestens einsetzbar ist.

Durch ihre breite Querschnittsfläche und die doppelte Verschraubung weisen die Heavy-Profilschienen sehr gute Festigkeitswerte auf. Sie halten deshalb hohen Biegekräften stand. Auch der Befestigungsflansch des Baugruppenträgers weist besondere Designmerkmale auf. Zum einen ist er besonders tief, wodurch er doppelt verschraubt werden kann und zum anderen wird für ihn eine größere Materialstärke verwendet. Im Bereich zwischen Seitenwand und Befestigungsflansch ist die Belastung in Hinblick auf Schock und Vibration besonders hoch, weshalb es an dieser Stelle häufig zu Rissbildungen kommt. Die Verwendung von verstärktem Material wirkt dem entgegen. Der Einsatz einer hochfesten Aluminiumlegierung verleiht zusätzliche Festigkeit. Sie ist gerade bei Anwendungen mit hohen Belastungen sehr empfeh-



Abbildung 2: Das HeiPac-Vario-Heavy-Baugruppenträgersystem erfüllt die hohen Anforderungen an Gehäusetechnik für mobile Anwendungen.

lenswert. Diese Attribute in Kombination mit dem Einsatz von selbstsichernden Schrauben, die das Lösen durch Vibration verhindern, sorgen dafür, dass das Baugruppenträgersystem auch extremen Belastungen trotzt. Zusätzlich verbessert wird das durch speziell gewölbten Kunststoff-Kartenführungen, die den eingeschobenen Baugruppen eine leichte Vorspannung verleihen.

### Größe sorgt für Vorteil

Warum entschied man sich nicht für ein robustes Kleingehäuse, wo doch heutzutage die Miniaturisierung der Elektronik eines der Hauptkriterien ist? Als 19-Zoll-Baugruppenträger passt sich der HeiPac Vario Heavy optimal in die bereits vorhandene Infrastruktur der Züge ein und ermöglicht dadurch das Aufsetzen auf etablierten Standards. Meist kommen Baugruppenträger mit einer Einbaubreite von 84 TE (Teilungseinheiten) a 5,08 mm zum Einsatz. Das entspricht der typischen Breite im 19-Zoll-Bereich. Der Vorteil davon besteht darin, dass ein vielfältiges und umfangreiches Portfolio an kostengünstigen Standardprodukten sowie Zubehör wie Komponenten für den EMV-Ausbau,

Kartenführungen, Deck- und Bodenbleche, rückseitige Abdeckhauben und weitere existieren. Das wirkt sich häufig äußerst vorteilhaft auf die geforderte Entwicklungszeit aus. Ein weiterer entscheidender Vorteil besteht darin, dass vorhandene Anlagen jederzeit einfach erweitert, aktualisiert und individualisiert werden können. Darüber hinaus ist der Baugruppenträger sehr kompakt, was ihn für den Einbau in mobilen Anwendungen wie Schiffen oder Zügen prädestiniert. Bei diesen ist das Platzangebot meist stark begrenzt.

Wer Gehäusetechnik für anspruchsvolle Elektronik in der Bahntechnik verwendet, muss sich an den äußerst hohen Anforderungen dieses Marktes orientieren. Dafür empfiehlt sich eine vorzertifizierte Systemfamilie als Basis. Je durchdachter ein Baugruppenträger konzipiert ist, umso weniger Montageschritte sind bei dessen Aufbau notwendig. Zusätzlich dazu müssen auch weniger aufwändige Maßnahmen ergriffen werden, um die normativen Anforderungen zu erfüllen.

Weitere Informationen zu Heitec finden Sie im Business-Profil auf Seite 30.

### Designgehäuse

- innovative Gehäusesysteme mit stoßfesten Kunststoffabdeckungen
- für ungenormte oder 100 mm Leiterkarten
- für den mobilen Einsatz oder als Tischgehäuse mit rutschfesten Standfüßen
- EMV gerechte Ausführungen, IP-Schutz
- spezielle Anfertigungen, Bearbeitungen und Farbgestaltung nach Kundenvorgaben



Mehr erfahren Sie hier:  
[www.fischerelektronik.de](http://www.fischerelektronik.de)

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG

Nottebohmstraße 28  
58511 Lüdenscheid  
DEUTSCHLAND  
Telefon +49 2351 435-0  
Telefax +49 2351 45754  
E-mail info@fischerelektronik.de



# GEHÄUSE IST NICHT GLEICH GEHÄUSE

Funktionelle Gehäuse schützen empfindliche Elektronik vor äußeren Einflüssen und sichern ihre Funktion dauerhaft. Bei der Auswahl eines geeigneten Gehäuses müssen bereits im Vorfeld Aspekte wie Größe, Material, Anzahl, Bearbeitung, Oberflächenbehandlung und Kühlfunktion berücksichtigt werden.

**TEXT:** Thomas Windeck, CTX Thermal Solutions **BILD:** CTX Thermal Solutions

Grundsätzlich gibt der Platzbedarf der Elektronik die Gehäusegröße vor. Wird das Gehäuse in eine größere Einheit wie eine Maschine oder einen Schaltschrank eingebaut, muss der hierfür zur Verfügung stehende Bauraum ebenfalls berücksichtigt werden. Die Wahl des Gehäusematerials wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören unter anderem die Umgebungsbedingungen, denen das Gehäuse ausgesetzt ist, und ob die Elektronik einen besonderen EMV-Schutz benötigt. Robuste Aluminiumprofil- oder -druckgussgehäuse eignen sich in der Regel problemlos für den Outdoor-Einsatz. Dichtungen, beispielsweise aus Polyurethan, erhöhen den IP-Schutz zusätzlich.

Die Frage nach der Anzahl der benötigten Gehäuse eines Typs bestimmt üblicherweise die Wahl des Produktionsverfahrens. Bei einzelnen Spezialgehäusen kann es wirtschaftlich sein, sie aus dem Vollen zu fräsen. Für größere Serien lohnt sich dagegen die Anfertigung eines Werkzeugs zur Herstellung belastbarer Druckgussgehäuse. Blech- oder Stanzbiegegehäuse sind vergleichsweise kostengünstig in der Produktion. Sie eignen sich sowohl für Einzelgehäuse als auch für kleine oder große Serien.

## Faktoren für die Gehäuseauswahl

Von der Art der Applikation hängen neben dem zu wählenden Material und der Optik des Gehäuses auch seine Bearbeitung und eventuell erforderliches Zubehör ab. So werden beispielsweise Aluminiumdruckgussgehäuse häufig einer CNC-Präzisionsbearbeitung unterzogen, um an den Anbauflächen die erforderliche Oberflächenpräzision zu erreichen.

Zudem müssen Anzahl und Platzierung von Bohrungen für Kabeldurchführungen oder die Montage von Schaltern und Drehknöpfen ebenso berücksichtigt werden, wie Ausfräsungen für Stecker, Kühlschlitze oder Aufnahmen von Tastaturen und Displays.

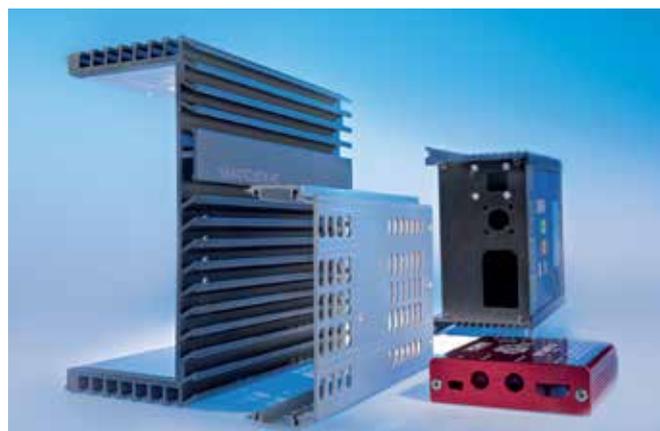
Wird das Elektronikgehäuse in einem anderen Gerät oder Schrank verbaut, spielt die Optik in der Regel eine untergeordnete Rolle – hier kommt es ausschließlich auf die Funktionalität an. Wird das Gehäuse hingegen offen sichtbar installiert, sieht dies anders aus. Denn auch bei technischen Produkten kauft heute das Auge mit. Der Anwender sieht zwar in erster Linie die technischen Anforderungen, umso besser ist es jedoch, wenn das Ganze ansprechend designed ist.

Die Aluminiumprofil- und -druckgussgehäuse können einer speziellen Oberflächenbehandlung unterzogen und wahlweise eloxiert, lackiert, chromatiert oder pulverbeschichtet werden. Auch mit Sand oder Glasperlen gestrahlte Oberflächen sind lieferbar. Die Gehäuse in Stanzbiegetechnik werden aus Aluminium, Edelstahl sowie unbehandeltem oder verzinktem Stahlblech gefertigt. Sie können ebenfalls bei Bedarf einer professionellen Oberflächenbehandlung unterzogen sowie wahlweise gestanzt, genibbelt und mit Einpressbolzen oder -buchsen versehen werden.

## Wahl der passendsten Entwärmung

Ein Großteil der Metallgehäuse schützen die Elektronik nicht nur, sondern übernehmen gleichzeitig auch eine kühlende Funktion. In diesen Fällen muss bei der Konzeption des Gehäuses, neben allen oben genannten Aspekten, außerdem die während des Gerätebetriebs anfallende Verlustleistung berücksichtigt werden. Ist sie gering, kann gegebenenfalls bereits ein Blechbiegegehäuse die anfallende Wärme ableiten. Bei höheren Verlustleistungen empfiehlt sich allerdings ein Aluminiumprofil- oder -druckgussgehäuse. Um eine optimale Entwärmung zu erhalten, kann es wahlweise mit integrierten Lüftungsschlitzen, äußeren Kühlrippen und Kupferinlays ausgestattet werden. Eine schwarze Lackierung erhöht darüber hinaus den Wärmeabtransport über Strahlung. Muss viel Wärme schnell abgeführt werden, empfiehlt sich die zusätzliche Integration eines Lüfters. Ingenieure sollten

Abbildung 1: Das Spektrum an kühlenden Gehäuselösungen umfasst maßgeschneiderte Frontplatten ebenso wie Gehäuseteile in Druckguss, Profil- oder Stanzbiegetechnik sowie technische Aluminiumteile.



allerdings beachten, dass jedes bewegliche Teil den Wartungsaufwand erhöht.

## Beratung bei der Gehäusekonzeption

CTX berät seine Kunden bei der Konzeption des passenden, bei Bedarf auch kühlenden Gehäuses. Am Beispiel eines kühlenden Aluminium-Profilgehäuses, das das Unternehmen für einen kompakten, modular aufgebauten Box-PC konzipiert hat, wird das deutlich. Bei diesem Gehäuse leiten äußere Kühlrippen die entstehende Verlustleistung von 15 W zuverlässig, ohne zusätzliche wartungsintensive Komponenten wie Lüfter, ab und tragen damit zur fehlerfreien Funktion des PCs bei. Auf Wunsch des Kunden stattete CTX das Gehäuse für die Montage der Front-, Rück- und Bodenplatte zusätzlich mit insgesamt zwölf Einpressbohrungen aus. Die Frontplatte für den I/O-Bereich wurde mit Aussparungen für PC-Schnittstellen versehen, anthrazit lackiert und mit den Beschriftungen für die Schnittstellen bedruckt. Die Rückseite erhielt neben der anthrazitfarbenen Lackierung lediglich Bohrungen für die Montage eines Halbleiterlaufwerks und eines Adapters für die Hutschienenmontage. Außerdem verfügt das Gehäuse des Box-PCs über Desktopfüße, lässt sich jedoch auch an der Wand befestigen.

## Hoher IP- und EMV-Schutz

Bei der Entwicklung eines Gehäuses für die Spannungsversorgung industrieller Antriebe stand neben Schutz und Kühlung vor allem die elektromagnetische Abschirmung im Fokus. Da der Kunde jährlich mehrere tausend Gehäuse benötigt, lohnt sich hier die Anfertigung eines speziellen Werkzeugs für die Ausformung von Aluminiumdruckgussgehäusen. Das Gehäusematerial ist leicht, gleichzeitig mechanisch sowie chemisch robust und schirmt Elektronik besonders gut ab. Darüber hinaus zeichnen sich Aluminiumdruckgusslegierungen durch eine gute Wärmeleitfähigkeit von 150 W/mK aus. Diese reicht im Fall der

Antriebsnetzteile aus, um die entstehende Verlustleistung auch ohne Oberflächen vergrößernde Effekte wie Kühlrippen nur mit natürlicher Konvektion abzuführen. Der Gehäusedeckel erhielt eine Polyurethan-Dichtung, die die Elektronik gegen Staub, Berührung und Spritzwasser schützt. Zudem stattet CTX die Gehäuse nach Zeichnungsvorgabe mit Bohrungen für die diversen Anschlüsse aus. Eine Pulverbeschichtung sorgt für den robusten Look. Eine besonders spannende Herausforderung war die Realisierung eines optisch ansprechenden Aluminiumdruckgussgehäuses für einen Stellantrieb, das gleichzeitig als Motorflansch fungieren sollte. Speziell diese Flanschfunktion stellte hohe Anforderungen an die Gehäuseoberfläche und die vorzusehenden Bohrungen. Daher wurde das Aluminiumdruckgussgehäuse nach dem Guss einer CNC-Präzisionsbearbeitung unterzogen, um an den Anbauflächen die erforderliche Oberflächenpräzision zu erreichen. Anschließend wurde das Gehäuse aus optischen Gründen pulverbeschichtet. Zudem stattet CTX die Prozessorgehäuse nach Zeichnungsvorgabe mit Bohrungen für die diversen Anschlüsse aus.

## Worauf man bei der Auswahl achten sollte

Die wichtigsten Fragen bei der Elektronikgehäuse-Auswahl:

- ▶ Wie groß muss das Gehäuse sein und wie viel Bauraum steht zur Verfügung?
- ▶ Welches Material passt am besten zu den Umgebungsbedingungen und bietet den erforderlichen EMV- und IP-Schutz?
- ▶ Wie viele Gehäuse werden benötigt und welches Herstellungsverfahren eignet sich dafür am besten?
- ▶ Wie muss das Gehäuse für den Einsatz bearbeitet werden und welches Zubehör wird benötigt?
- ▶ Benötigt der Einsatz des Gehäuses ein besonders Design bzw. eine spezielle Oberflächenbehandlung?
- ▶ Muss das Gehäuse neben Schutz auch eine Kühlfunktion erfüllen?

# UNIVERSELLE KÜHLKÖRPERGESTALTUNG

Kundenspezifische Kühlkörper sind mehr denn je gefragt. Stetig steigende Leistungsdichten bei immer kleiner werdenden Packungsdichten erschweren allerdings oft die Umsetzung eines thermischen Managements.

**TEXT:** Jürgen Harpain, Fischer Elektronik **BILDER:** Fischer Elektronik

Der anhaltende Trend zu stetig kleineren Packungsdichten elektronischer Bauelemente, bei gleicher oder oftmals noch höherer Verlustleistung, führt zwangsläufig ebenfalls zu höheren Bauteiltemperaturen, wodurch der Einsatz eines effizienten thermischen Managements unverzichtbar wird.

Für die freie Konvektion sind sogenannte Strang- oder Extrusionskühlkörper oftmals das Mittel der Wahl. Ähnlich wie andere Kühlkörperlösungen, beispielsweise als Blechbiegeteil aus Aluminium oder Kupfer (Board Level Kühlkörper), werden strangpresste Kühlkörper mit dem zu entwärmenden Bauteil verbunden. Gemäß den physikalischen Wirkprinzipien erfolgt der Wärmefluss dann von warm nach kalt, das heißt der Kühlkörper, auch Wärmesenke genannt, nimmt die thermische Energie des zu entwärmenden Bauteils auf und leitet diese über das Prinzip der Oberflächenvergrößerung, in Form einer Rippenstruktur, an die Umgebungsluft ab.

## Kühlkörper nach Maß

Strangkühlkörper aus Aluminium werden wie bereits erwähnt im Extrusionsverfahren hergestellt, also einfach gesagt, das beim Umformen meist als Block erwärmtes Aluminiummaterial wird durch eine Matrize, mit eingebrachter Kühlkörpergeometrie im Negativ, gepresst. Der Wärmeübergang von festen Körpern zu einem umgebenden Fluid ist umso besser, je größer die wärmeübertragende Oberfläche ist, weshalb beim Kühlkörperdesign seitens der Kunden stets versucht wird, eine möglichst große Wärmetauschfläche zu erzielen. Oftmals werden allerdings hierbei die physikalischen und produktionstechni-

schen Gefahren außer Acht gelassen. Grundsätzlich sollte beim Kühlkörperdesign, auch der Einsatz in der Applikation berücksichtigt werden. Für die freie Konvektion führt ein zu geringer Rippenabstand zu einer Überlagerung von Grenzschichten, also einzelne Rippen und Flächen können sich gegenseitig negativ beeinflussen. Es bildet sich zwischen den Kühlrippen ein Widerstand gegen das natürliche Auftriebsverhalten, dem Kamin-effekt, wodurch die Effizienz des Kühlkörpers in der Wärmeabfuhr deutlich beeinträchtigt wird. Ein weiterer Nachteil oder limitierender Faktor ist durch das Herstellungsverfahren des Strangpressens gegeben.

## Faktoren des Rippenabstands

Die Herstellung von sehr kompakten Kühlkörpern mit einem möglichst geringen Rippenabstand und dadurch größtmöglicher Oberfläche, benötigen ein extremes Zungenverhältnis. Das im Fachjargon bezeichnete Zungenverhältnis, beschreibt den Zusammenhang zwischen der Rippenhöhe und dem -abstand im Verhältnis zur dazugehörigen Kühlkörperbreite. Zungenverhältnisse von 4:1 bis 16:1 sind heutzutage je nach Strangpresswerk gegeben. Produktionstechnisch sind allerdings die hohen Zungenverhältnisse mit Vorsicht zu betrachten, da der benötigte Kühlkörper in der Werkzeugmatrize immer als negativ zu sehen ist. Der gewünschte, geringe Rippenabstand des späteren Profils, wird somit im Werkzeug als schmaler Steg abgebildet.

Je nach Presskraft der Strangpresse, wirken pro mm<sup>2</sup> einige hundert Newton auf diesen Steg. Die hohe Presskraft kann bei falscher Dimensionierung dazu führen, dass dieser Steg durch

Abbildung 1: Speziell konzipierte Lamellenkühlkörper besitzen sehr kleine Rippenabstände und eine möglichst große Oberfläche für die forcierte Konvektion.



das eingepresste Aluminiummaterial in Schwingung versetzt wird und im schlimmsten Fall bricht. Aufgrund dessen und auch wirtschaftlicher Aspekte, wird beim Kühlkörperdesign ebenfalls stets auf die technische Machbarkeit und die Langlebigkeit der Strangpresswerkzeuge geachtet, so dass die Bodensstärke, die Rippenhöhe und -stärke sowie der Rippenabstand immer in einem gesunden Verhältnis steht.

### Oberfläche unterstützt forcierte Konvektion

Kühlkörper mit einer hohen Rippendichte beziehungsweise Oberfläche, haben allerdings ebenfalls aus wärmetechnischer Sicht ihre Daseinsberechtigung, besonders für eine forcierte Entwärmung, bei der mittels zusätzlicher Lüftermotoren, Luft in gerichteter Form durch eine Rippenstruktur befördert wird. Die sogenannten Lamellenkühlkörper, auch als Bonded-Fin-Kühlkörper bezeichnet, liefern hierzu ausgezeichnete und sehr effiziente Lösungsmöglichkeiten.

Die engmaschigen Lamellenkühlkörper werden häufig bei erschwerten wärmetechnischen Belangen oder Einbaubedingungen nachgefragt und gefordert, da komplizierte Applikationsvorgaben nur durch speziell angefertigte Kühlkörperlösungen realisierbar sind.

Lamellenkühlkörper besitzen zur Halbleitermontage eine oder auch zwei Basisplatten, welche aus einem hoch wärmeleitendem Aluminiummaterial bestehen. Die Basisplatten werden als Strangpressprofil oder aus einem Vollmaterial hergestellt. Die gegenüberliegende Seite der Bodenfläche enthält eine spezielle

Nutgeometrie, in welche in einem weiteren Bearbeitungsschritt Aluminium- oder auch Kupferlamellen eingepresst werden. Zur Optimierung des Wärmeübergangswiderstandes von der einzelnen Lamelle in den Kühlkörperboden, wird zusätzlich ein besonderer Wärmeleitkleber verwendet. Dieser füllt eventuelle im Fertigungsprozess entstandene Luftporen, sorgt gleichfalls für eine mechanische Stabilisierung der einzelnen Lamellen und führt letztendlich zu einer perfekten wärmetechnischen Anbindung der Lamellen zum Kühlkörperboden.

### Flexibel anpassbare Lamellenkühlkörper

Die Halbleitermontageflächen der Lamellenkühlkörper, ob ein- oder doppelseitig, sind exakt plan gefräst und ergeben dementsprechend kleinste Wärmeübergangswiderstände. Es kann nicht nur die Lamelle, sondern auch der gesamte Kühlkörper aus Kupfermaterial ausgeführt werden. In vielfachen Anwendungen fungiert die Basisplatte aus Kupfermaterial, aufgrund der höheren Wärmeleitfähigkeit gegenüber dem Aluminium, als Heatspreader und liefert einen echten Mehrwert gerade bei kleinen Wärmeeintragsflächen. Die Gestaltung der Lamellenkühlkörper in Punkto der geometrischen Abmessungen, der Materialstärke der Halbleitermontageflächen sowie auch die Form und die Abmessungen der einzelnen Kühlrippen, sind nach kundenspezifischen Vorgaben beliebig anzupassen und umsetzbar.

Die maximale Kühlkörperbreite und -länge beträgt 400 mm bei einer maximalen Basisplattendicke von 30 mm. Der minimale Rippenabstand zwischen den einzelnen Kühlrippen beträgt 2 mm bei einer maximalen Rippenhöhe von 120 mm,

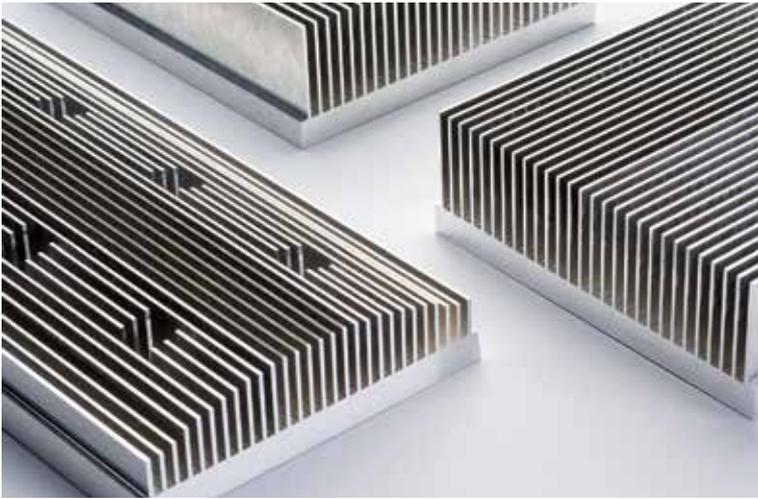


Abbildung 2: Im Strangpressverfahren nicht herstellbare engmaschige Kühlprofile können mit gewissen Restriktionen aus Vollmaterial produziert werden.

wobei die Rippendicke 0,8, 1, 1,5 oder 2 mm betragen kann. Je mehr Oberfläche dem Kühlkörper zur Wärmeabfuhr zur Verfügung steht, desto mehr Leistung wird von den elektronischen Bauelementen aufgenommen an die Umgebungsluft abgeführt. Dieses Prinzip funktioniert, sofern zwischen der freien und der erzwungenen Konvektion unterschieden wird, auch gleichfalls die physikalischen Restriktionen beachtet werden. Lamellenkühlkörper können aufgrund des Fertigungsverfahrens mit einem Zungenverhältnis von bis zu 40:1 und höher hergestellt und individuell auf die kundenspezifischen Erfordernisse sowie Applikationen adaptiert werden. Bonded Fin Kühlkörper und die damit verbundene hohe Rippendichte, die volumetrisch größere Oberfläche, sorgen für mehr Effizienz bei Anwendungen mit hoher Leistung unter erzwungener Konvektion.

### Vielseitige Einsatzgebiete

Auch im Bereich der LED-Technik beziehungsweise zu deren Entwärmung, finden Lamellenkühlkörper in runder Formgebung ihren Einsatz. Zur Aufnahme der einzelnen LED oder des gesamten LED-Moduls dient ein Vollkern aus Aluminiummaterial. Der Aufnahmekern in einer runden Formgebung, enthält umlaufend an den Außenflächen ebenfalls die bereits angesprochene Nutgeometrie, in die mittels der Press- und Klebverbindung Aluminiumbleche zur Wärmeableitung eingebracht sind. Der Gesamtaufbau des Lamellenkühlkörpers, also der Kerndurchmesser zur LED-Aufnahme, die Blechanzahl, -dicke und -geometrie, kann je nach Kundenvorgabe oder Größe des LED-Moduls angepasst werden. Die Lamellenkühlkörper mit umlaufenden Blechrippen liefern des Weiteren einen Gewichtsvorteil gegenüber massiven LED-Kühlkörpern als Strangpressprofil.

Aufgrund der Stabilität, aber auch der Press- und Klebverbindung, sind Lamellenkühlkörper für manche Applikationen nicht geeignet oder zulässig. Gründe hierfür liegen unter anderem in der Oberflächenbeschichtung, da für besonders kritische Anwendungen wie in der Medizintechnik oder an Einbauorten mit hoher Luftfeuchtigkeit, der zusätzlich verwendete Wärmeleitkleber als Barriere wirkt.

### Kühlkörpereffizienz steigern

Neuartige innovative Fertigungsverfahren führen zu weiteren vorteilhaften Designmöglichkeiten in Punkto der Kühlkörpereffizienz. Somit besteht die Möglichkeit Lamellenkühlkörper mit einem sehr engen Zungenverhältnis aus Aluminiumvollmaterial zu fertigen, somit ohne zusätzliche Einpresstechnik und Kleber. Gerade im Wärmeübergangsbereich zwischen den Rippen und dem Kühlkörperboden wird eine deutliche Effizienzsteigerung erzielt. Der heutige Stand der Technik ermöglicht Kühlkörperbreiten bis maximal 250 mm mit einer wählbaren Bodenstärke von 4 bis 20 mm. Bei einer minimalen Rippenstärke von 0,8 mm kann der Kunde zwischen einem Rippenabstand von 2 bis 5 mm entscheiden. Abzüglich der Stärke des Kühlkörperbodens beträgt die maximale Rippenhöhe 38 mm, wobei die maximale Kühlkörperlänge auf 1500 mm festgelegt ist. Zusätzliche mechanische Bearbeitungen der Lamellenkühlkörper aus Vollmaterial, Oberflächenbeschichtungen sowie andere Abmessungen, sind nach eingehender Machbarkeitsprüfung ebenfalls nach kundenspezifischen Bedürfnissen und Einbaubedingungen individuell realisierbar.

Weitere Informationen zu Fischer Elektronik finden Sie im Business-Profil auf Seite 26.

# STROMVERSORGUNG & LEISTUNGSELEKTRONIK



BILD-SPONSOR: MITSUBISHI ELECTRIC

**154 Im Rampenlicht**  
Mitsubishi Electric

**156 EMV-Verhalten von Induktivitäten**  
Ranjith Bramanpalli, Würth Elektronik

**160 Mehr drinnen in Lithium-Ionen-Akkus**  
Andreas Mangler, Rutronik

**163 Energieeffiziente Sensoren für das IoT**  
Bianca Aichinger, Recom Power

**166 Unbändiger Leistungshunger**  
Markus Häcki, Schurter

**168 MOSFET-Regler heben Leistungsdichte**  
Jennifer Joseph, ON Semiconductor

**171 Günstig kabellos laden**  
Dominik Huwig, Etatronix

**174 Moderne SiC- und GAN-Wandler**  
Stefano Gallinaro, Analog Devices und  
Imad Owaineh, Watt & Well

# IM RAMPENLICHT

Effizienz, Kompaktheit und Zuverlässigkeit zeichnen Leistungshalbleitermodule von Mitsubishi Electric in einem breiten Spektrum von Anwendungen aus - und das auch zukunftsweisend im Hinblick auf den Einsatz von SiC. Neuartige Gehäusetechnologien ermöglichen skalierbare Lösungen und eine Verlängerung der Modullebensdauer. Zudem führen innovative Zusatzfunktionen zu einem reduzierten Entwicklungsaufwand.

TEXT: Mitsubishi Electric BILDER: Dominik Gierke

## CIB-Leistungshalbleitermodul

Das CIB-Leistungshalbleitermodul (Converter Inverter Brake) von Mitsubishi Electric integriert die drei Komponenten Gleichrichter, Umrichter und Bremschopper. Ausgestattet mit der Technologie der 7. Chipgeneration und der SLC-Gehäusetechnologie (SoLid Cover), kombinieren die CIB-Module einen hohen Wirkungsgrad mit Zuverlässigkeit und Kompaktheit und erfüllen damit die besonderen Anforderungen skalierbarer Umrichterkonzepte. Durch die niedrigen thermischen Widerstände und die hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber thermischen Zyklen ist das CIB-Modul eine geeignete Lösung für Anwendungen wie Aufzüge, Rolltreppen, Servo-Antriebe und USV.

### MISOP-Modul

Die neuen oberflächenmontierbaren MISOP-Module wurden als Antwort auf die gestiegenen Anforderungen von Invertern kleiner Leistungsklassen entwickelt. Besonders geeignet sind sie für Lüfter-, Pumpen- und Servo-Applikationen. Neben ihrer Kompaktheit sichern die dreiphasigen Module (1A/600V und 3A/600V) sehr kleine Verlustleistungen. Integrierte Schutzfunktionen ermöglichen eine kürzere Entwicklungszeit. Die vielen bereits im Modul integrierten Komponenten erlauben es zudem, durch eine vereinfachte Bestückung der Leiterplatte die Produktionszeiten der Inverter zu verkürzen.

### Industrial LV100

Nach dem Erfolg im Hochspannungsbereich setzt das LV100-Leistungshalbleitermodul nun auch neue Maßstäbe bei der Standardisierung von großen Antriebs- und erneuerbaren Energiesystemen im Niederspannungsbereich. Das LV100-Modul ermöglicht eine einfache Skalierung und automatisierte Fertigung. Seine interne Verbindungstechnik wurde für einen langlebigen und zuverlässigen Betrieb ausgelegt und ist daher ideal für den Einsatz in Windenergie- und Photovoltaik-Umrichtern sowie Antrieben geeignet. Der Einsatz der 7. Generation der CSTBT-Chip-Technologie reduziert außerdem die elektrischen Verluste und steigert die Effizienz. Dank niederinduktiver Gehäusetechnik und symmetrischem Layout ist das LV100-Leistungshalbleitermodul prädestiniert für den zukünftigen Einsatz mit Siliziumcarbid-Halbleitern.

# EMV-VERHALTEN VON INDUKTIVITÄTEN

DC/DC-Schaltregler werden häufig im Energiemanagement eingesetzt. Üblicherweise liegt der Fokus bei ihrer Auswahl auf Werten wie RDC, RAC oder Kernverlusten. Die elektromagnetischen Abstrahlungseigenschaften werden hingegen häufig ignoriert.

**TEXT:** Ranjith Bramanpalli, Würth Elektronik eiSos **BILDER:** Würth Elektronik eiSos

Durch die Schaltvorgänge in einem Schaltnetzteil wird eine Wechselfeldspannung in der Induktivität erzeugt. Da eine Induktivität praktisch betrachtet wie eine Rahmenantenne arbeiten kann, hängt die elektromagnetische Strahlung von einer ganzen Reihe von Faktoren ab. Hier gehören beispielsweise Eigenschaften wie Kern- und Schirmungsmaterial oder auch die Wahl des Wicklungsanfangs. Die elektromagnetische Abstrahlung wird im unteren Frequenzbereich von 100 kHz bis 30 MHz, von der Schaltfrequenz und deren Oberwellen und damit von den Wicklungseigenschaften und der Art der Schirmung beeinflusst. Bei höheren Frequenzen von 30 MHz bis 1 GHz, sind Oberschwingungen und deren Oberwellen und damit eher Schirmeigenschaften sowie das grundlegende Design entscheidend.

## Elektromagnetische Ausstrahlung

Wechselfeldspannung und Wechselstrom in der Spule erzeugen ein E-Feld und ein H-Feld, welche sich ausgehend von der Quelle, im rechten Winkel zueinander ausbreiten. Im Nahbereich der Quelle, welche als Rahmenantenne agiert, werden die Eigenschaften der Felder E und H durch das Verhalten der Quelleigenschaften bestimmt. Weiter von der Quelle entfernt, werden die Feldeigenschaften jedoch durch das Übergangsmedium bestimmt. Diese separaten und doch miteinander in Verbindung stehenden Phänomene lassen sich folglich zwei Bereichen zuordnen: dem Nahfeld, in dem die beiden Felder separat betrachtet werden, da ihr Verhältnis, definiert als Wellenwiderstand  $E/H$ , nicht konstant ist und dem Fernfeld, in dem diese beiden Felder gemeinsam eine ebene Welle bilden. Wird die Quelle mit einem starken Strom und bei niedriger Spannung betrieben, so spricht man von einem dominanten Magnetfeld, während bei schwachem Strom und hoher Spannung das elektrische Feld dominant ist. Bei einer geraden Drahtantenne ist der Wellenwiderstand hoch, da das elektrische Feld im Bereich der Quelle dominant

ist. Die Abschwächungseigenschaften sind denen der Rahmenantenne genau entgegengesetzt. Durch diese genannten Faktoren wird deutlich, dass die elektromagnetische Abstrahlung in DC/DC-Wandlern nicht zu vernachlässigen ist, vor allem mit Blick auf die umgebenden Bauteile.

## Abstrahlung von geschirmten Spulen

Geschirmte Spulen werden so gefertigt, dass die Wicklung vollständig in einem Formteil zur magnetischen Schirmung gekapselt ist. Bei ungeschirmten Spulen liegen die Spulenwicklungen normalerweise frei und es gibt auch keine andere magnetische Schirmung. Aufgrund der ungehinderten Ausbreitung von EM-Feldern sind dies normalerweise die stärksten EMV-Störquellen. Bei halbgeschirmten Spulen werden magnetische Materialien meist mit Epoxidharz auf die freiliegenden Windungen aufgebracht.

## Größerer Platzbedarf und höhere Kosten

Der wesentliche Vorteil der geschirmten Spule besteht in den relativ schwachen elektromagnetischen Emissionen im Vergleich zu halbgeschirmten und ungeschirmten Spulen (Abbildung 1), allerdings gehen diese Vorteile meist mit einem größeren Bauvolumen und daher einem vergrößerten Platzbedarf einher. Außerdem muss der Kostenfaktor berücksichtigt werden, wodurch gerade unerfahrene Entwickler häufig zu ungeschirmten Spulen mit kleinem Platzbedarf, geringen Kosten, und hohen Sättigungsströmen greifen, aber bei den Messungen mit etlichen EMV-Problemen konfrontiert werden, welche sich nach der Designphase nur noch schlecht beheben lassen.

Mit halbgeschirmten Spulen lässt sich der Spagat zwischen Platzbedarf, elektrischen Merkmalen und EMV bewältigen. Die-



1500 V<sub>DC</sub> in Solaranlagen?  
Wir bieten maximale  
Leistungsdichte.

Für eine PV-Spannung von 1500 VDC in Solaranwendungen bietet SEMIKRON neben IGBTs und Power Electronic Stacks ein umfassendes Produktportfolio von Leistungsmodulen.

#### Neuer MiniSKiiP Dual Split MLI

- 3-Level NPC-Topologie
- Bis zu 180 kW ohne Parallelschaltung
- Bodenplattenloses Design für direkte Leiterplattenmontage
- Höchste Effizienz durch Hybrid-SiC-Technologie
- Bereit für 1500 VDC-Solaranwendungen
- Zuverlässige MiniSKiiP-SPRING-Technologie

MiniSKiiP Dual Split MLI  
in Stringwechselrichtern  
für 1500 V<sub>DC</sub> / 180 kW



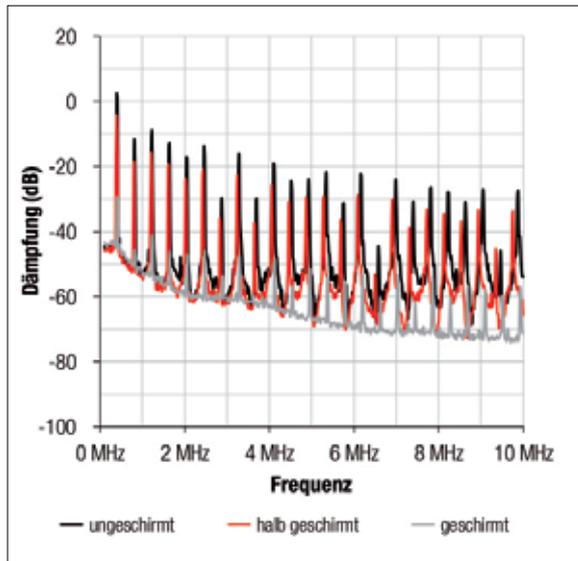


Abbildung 1: Das H-Feld ungeschirmter, halbgeschirmter und geschirmter Spulen

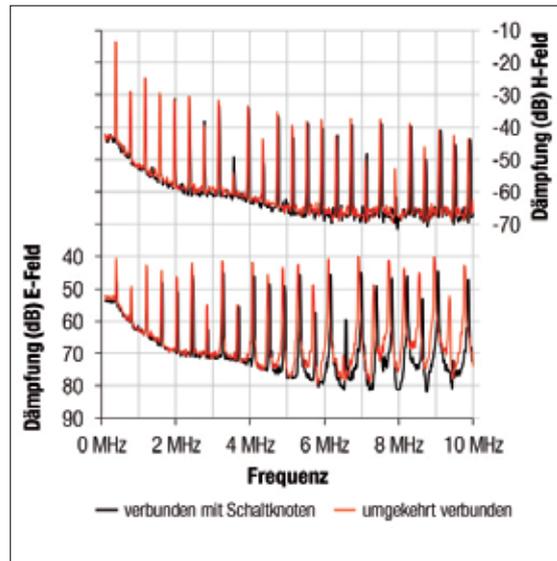


Abbildung 2: Der Einfluss des Wicklungsanfangs auf das H- und E-Feld

se eignen sich vor allem für Anwendungen, bei denen Bauteile in unmittelbarer räumlicher Nähe zu den Spulen nicht besonders strahlungssensibel sind.

## Starke elektrische Kopplungen vermeiden

Ein für die EMV wesentlicher Aspekt, welcher häufig übersehen wird, ist die Orientierung des Wicklungsanfangs, welcher meist durch einen Punkt auf der Spule markiert ist. Es ist wichtig, die mit dieser Markierung versehene Spulenseite möglichst nah am Schaltknoten anzuschließen, da an dieser Seite der höchste  $d_v/d_l$ -Wert auftritt und dadurch Störeinflüsse am stärksten sind. Auf diese Weise wird der Wechselstromfluss vom Schaltknoten beim Schalten durch die äußeren Wicklungen abgeschirmt. Andernfalls treten die AC-Flussspannungen an der äußeren Wicklung auf, was zu elektrischen oder kapazitiven Kopplungen inakzeptabler Stärke führen kann.

Die Messung in Abbildung 2 vergleicht die Anordnung der Spule zu dem Schaltknoten und zeigt eindeutig, dass die E-Feld-emissionen wesentlich niedriger sind, wenn das mit dem Punkt markierte Ende der Spule mit dem Schaltknoten verbunden ist. Die Wirksamkeit dieser Schirmung hängt von den Materialeigenschaften und der Permeabilität ab: je höher die Stärke und Permeabilität des Kernmaterials, desto wirksamer ist die Schirmung des E-Feldes. Elektromagnetische Störungen können nur auftreten, wenn eine Strahlungsquelle, ein Übertragungsmedium und eine Störsenke vorhanden sind. Durch steigende Schaltfrequenzen nutzen DC/DC-Wandler kürzere Anstiegs- und Abfallzeiten des Schaltwandlers, um die Schaltverluste gering zu halten. Hier-

durch entstehen jedoch steile Flanken am Schaltknoten, begleitet von Klingeln und Nadelimpulsen.

Aufgrund der Schwingungen am Schaltknoten, der schnellen Übergänge und der hohen Schaltfrequenz ist die Auswahl einer geeigneten Spule zur Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit erforderlich. Normalerweise liegt die Klingelfrequenz im Bereich zwischen 100 und 200 MHz. Geschirmte Spulen sind häufig so ausgelegt, dass die Schaltgrundfrequenz, nicht aber die höheren Klingelfrequenzen, geschirmt werden. Die Wirksamkeit bei der Abschwächung von Emissionen in diesen Frequenzbereichen hängt in hohem Maße von den Eigenschaften der Spule ab – vor allem von Kernmaterial und Materialstärke. Die Schirmwirkung von Induktivitäten mit Eisen- oder Metalllegierungspulver im Frequenzbereich über 1 MHz ist bei der E- und H-Feld Abschirmung deutlich beschränkt. Spulen aus MnZn oder NiZn sind hier deutlich effektiver.

## Mit externer Schirmung Emissionen vermindern

In Fällen, in denen eine Induktivität nicht durch ein anderes Kernmaterial ersetzt werden kann, kann der Einsatz externer, zusätzlicher Lösungen sinnvoll sein, um die Emissionen zu minimieren. Beispielsweise können Spulen mit Eisenpulverkern oder Metalllegierungen - mit hervorragenden Sättigungseigenschaften und kompakten Bauformen – mit zusätzlichen Schirmmaterialien ummantelt werden, um die EMV-Richtlinien einzuhalten.

Solche externen Schirmungen können aus Kupfer, Aluminium oder Verbundmischungen bestehen, ausgeführt als komplet-



# MEHR DRINNEN IN LITHIUM-IONEN-AKKUS

Batterien sind ein Schlüsselement für mobile Anwendungen. Bislang bleibt ein Teil ihrer Energie aber ungenutzt. Das lässt sich nun optimieren. Mittels elektrochemischer Impedanzspektroskopie kann ihr Leistungspotential besser diagnostiziert und ausgeschöpft werden. Über ein digital geregeltes hybrides Energiespeichersystem (HESS) lässt sich außerdem ihre Lebensdauer verlängern.

TEXT: Andreas Mangler, Rutronik BILDER: Rutronik

Obwohl in anderen Technologie-Bereichen rasante Fortschritte erzielt werden, gibt es auch 2018 kaum ein Elektroauto, das mehr als 500 km Reichweite hat. Lithium-Ionen-Batterien sind aufgrund des abnehmenden Gesundheitszustand bei entsprechenden Lade- und Entladezyklen, ihrer möglichen Instabilität (Thermal Runaway) und Komplexität zwar keine optimalen Energiespeicher, aber die besten, die derzeit zur Verfügung stehen. Weil Zukunftstechnologien wie Festkörperakkus oder Lithium-Schwefel Batterien noch in der Entwicklung stecken, gilt es, die Lithium-Ionen-Batterie bestmöglich zu nutzen. Im Zentrum steht dabei, die Kapazität und Lebensdauer der Batterie auszuschöpfen.

Die nutzbare Kapazität der Batterie nimmt aufgrund von verschiedenen chemischen Reaktionen mit der Zeit ab. Diagnosesoftware im Batteriemanagementsystem, zum Beispiel in Elektrofahrzeugen oder batteriebetriebenen Werkzeugen, gibt über die tatsächliche Kapazität allerdings keine Auskunft. Sie zeigt lediglich den Ladezustand, State of Charge (SoC), der Batterie an.

## Wie viel Energie steckt wirklich im Akku?

Der Gesundheitszustand, State of Health (SoH), ergo Informationen darüber, wie viele Ah der Akku nach einer bestimmten Zahl von Lade- und Entladezyklen noch fassen kann, kann von der Anwendungssoftware hingegen in aktuellen Fahrzeugen und Anwendungen nicht ermittelt werden. Dies wird bei Elektrofahrzeugen schnell zu einem bedeutenden Faktor. Denn vom Gesundheitszustand der Batterien hängen Aspekte wie Reichweite, Ladezeit und garantierte Batteriebensdauer ab. Das heißt: Je exakter der tatsächliche Zustand der Batterie

gemessen werden kann, desto optimaler kann die Batterie genutzt werden. Dadurch steigt nicht nur die Reichweite, sondern es sinken auch die Kosten. Denn um die garantierte Reichweite einzuhalten, bauen manche Hersteller als Sicherheitspuffer mehr Batteriezellen in das Fahrzeug als nötig.

Diese zusätzliche Kapazität verursacht zusätzliches Gewicht, das bei einer präzisen Messung nicht notwendig ist. Alternativ geben Hersteller bei gleichbleibender Batterie-Kapazität eine geringere Reichweite an – ebenfalls keine attraktive Lösung für Hersteller und Kunden.

## Konventionelle Methoden abgelöst

Bislang greift man bei der Bestimmung des SoH auf relativ umständliche und oft unzuverlässige Methoden zurück. Bereits vor dem Einbau der Batterie werden im Labor oder im Endtest der Batteriepackproduktion umfangreiche Daten erhoben, um den jeweiligen Batterietyp zu charakterisieren. Je nach Anwendungseinsatz und Auslastungsprognosen wird daraus ein Modell abgeleitet und das Lebensende der Batterie berechnet. Der tatsächliche Zustand der Batterie im Betrieb wird allerdings nicht gemessen, wodurch die Datengrundlage insgesamt sehr unpräzise ist.

Um auch während ihrer Nutzung den Gesundheitszustand zu bestimmen, kommt die Coulomb-Zählung zum Einsatz. Hierbei wird sowohl die eingespeiste Ladung als auch die entnommene Ladung gemessen. Die Differenz ermöglicht einen Rückschluss auf die Kapazität der Batterie. Jedoch ist auch diese Methode ungenau und das errechnete Lebensende kann deutlich vom tatsächlichen abweichen, da nicht-reversible



Abbildung 1: Der Demonstratoraufbau mit modular aufgebauter Stromanregung und analoger Signalaufbereitung, basiert auf dem STM32F4-Evaluations-Board.

chemische Reaktionen im Innern der Batterie oft nicht ausreichend in der Software Beachtung finden.

Die Professur Mess- und Sensortechnik der TU Chemnitz hat ein für Embedded Mikrocontroller geeignetes Verfahren entwickelt, mit dem eine präzise Batteriediagnose während des Betriebs innerhalb weniger Minuten – partiell sogar in wenigen Sekunden – durchgeführt werden kann. Rutronik unterstützt diese Entwicklungen in enger Zusammenarbeit mit entsprechenden Entwicklungstools im Bereich der analogen, mixed signal und digitalen Bauelemente und der Sensoren.

### Ablauf der entwickelten Messvorgänge

Die entwickelten Messsysteme basieren auf der elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS). Bei dieser wird die zu untersuchende Batterie mit einem variierenden Wechselstrom angeregt und die daraus resultierende Batteriespannung mit dem anregenden Strom zur Impedanz verrechnet. Daraus lassen sich nicht nur Rückschlüsse auf den Zustand der Batterie ziehen, sondern auch batterieinterne Prozesse wie Ladungstransfer, Elektrodendegradation oder Diffusion messen und bewerten. Im Nyquistplot können zudem nichtlineare Abhängigkeiten zwischen der Impedanz und der Temperatur der Batteriezelle, dem SoH sowie dem SoC schnell diagnostizieren werden. Diese Analysemethode ist zwar sehr präzise, ließ sich bislang allerdings lediglich im Labor umsetzen. Denn moderne Lithium-Ionen-Batterien haben einen sehr geringen Innenwiderstand von wenigen mOhm. Daher sind zum einen kostenintensive, hochpräzise Messgeräte nötig, welche die niedrigen Impedanzwerte und Frequenzen erfassen können, zum anderen benötigt es leistungsfähige Geräte mit großem

Speicher, um präzise, dynamische Signale zu erzeugen und anschließend zu analysieren.

### Vom Labor ins Embedded-System

Den Forschern der TU Chemnitz ist es gelungen, das Messverfahren in ein Embedded-System auf einem handelsüblichen ARM-Mikrocontroller zu realisieren. Dabei wurde sowohl die Erzeugung des notwendigen Signals als auch die Signalanalyse so optimiert, dass auch eine MCU mit relativ geringer Speichergröße von wenigen kByte und MCU-typischer Rechenleistung das Verfahren ohne zusätzliche Signalgeneratoren abbilden kann. Als Stromquelle dient dabei die Batterie selbst oder ein benachbarter Batterie-Stack, was den Hardware-Aufwand enorm reduziert. Mit multispektralen Methoden kann in relativ kurzer Messzeit ein großer Frequenzbereich abgedeckt werden, dabei verringern neuartige Algorithmen durch Berechnungen parallel zur Messung den Zeitaufwand zusätzlich. So konnte die Messdauer auf eine Zeit zwischen drei Sekunden und rund fünf Minuten verkürzt werden.

### Höhere Garantie, preiswerter und kleiner

Dies ermöglicht die Wiederholung der Messungen während des Betriebs in definierten Zyklen oder Betriebszuständen, beispielsweise bei einem Ampelstopp oder während des ohnehin längeren Ladezyklus.

Daraus ergeben sich mehrere Vorteile: Da sich der tatsächliche SoH exakt prognostizieren lässt, kann die Batterie bis zu ihrem tatsächlichen Lebensende genutzt werden. Hersteller können dadurch eine höhere Reichweite angeben, die Garan-

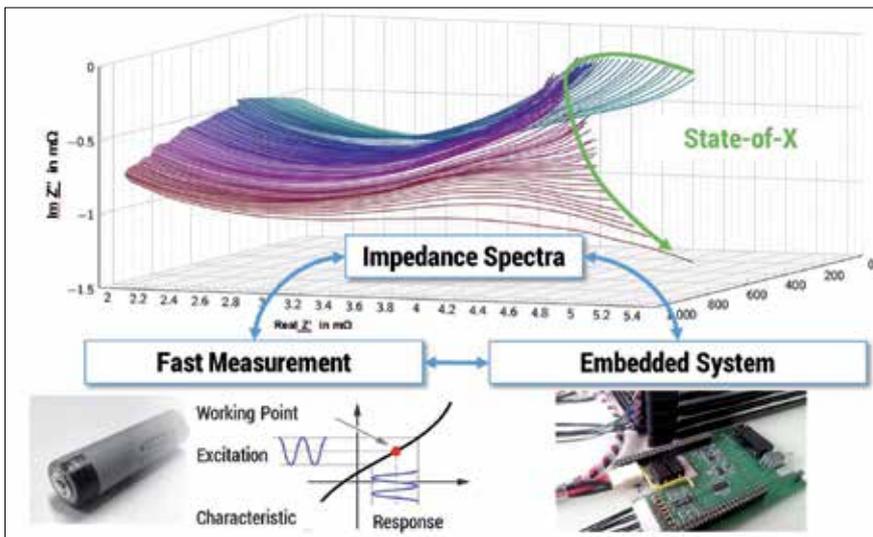


Abbildung 2: Die Faktoren für den Aufbau und die Optimierung eines Impedanz-Messsystems für das Batteriemangement

tie für die Batterien verlängern oder preiswertere und kleinere Batteriesysteme bei gleichen Garantien hinsichtlich Lebensdauer und Reichweite verbauen.

Während die Impedanzspektroskopie die Bestimmung des SoH einer Batterie ermöglicht, tragen hybride Energiespeicher dazu bei, diesen zu verlängern. Zusammen mit der Westsächsischen Hochschule Zwickau hat Rutronik ein digital geregeltes hybrides Energiespeichersystem entwickelt, das auf der optimalen Nutzung der Charakteristika von Lithium-Ionen-Batterien und Supercaps/EDLC basiert. Supercaps liefern die Energie für Spitzenlastströme, im normalen Betrieb hingegen versorgt die Lithium-Ionen-Batterie die jeweilige Anwendung mit quasi nominalen Strömen. So bleibt die Batterie stets innerhalb ihres optimalen Betriebsbereichs und erhält eine bis zu doppelt so lange Lebensdauer wie in vergleichbaren Applikationen ohne Supercap.

## Digitale Steuerung

Das Besondere an der Lösung ist, dass sie komplett digital geregelt ist. Damit lässt sich das System beliebig parametrisieren und hinsichtlich Strömen, Spannungen und der Anzahl der Batteriezellen sowie Ultracaps an die Anwendung anpassen.

Hierfür sorgt eine kombinierte Buck OR MOS Boost Schaltungstopologie mit komplett digital implementiertem Power-Management und Regelungen sowie durchgängig softwarekonfigurierbaren Parametern. Dabei bilden neben den Supercaps und der Lithium-Ionen-Batterie die MOS-

FET-Schalter das Herzstück der Topologie. Gesteuert werden sie über die PWM-Signale eines Mikrocontrollers. Sobald der Energiefluss aus dem Supercap einsetzen soll, greift eine schnelle Stromsteuerungslogik zwischen beiden Energiespeichern und verhindert, dass die Lithium-Ionen-Batterien beansprucht werden.

## Vorhersagbare Zuverlässigkeit

Neben der längeren Batteriebensdauer werden Lebensdauer und Gesundheitszustand auch besser vorhersagbar, was die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems erhöht. Da die Lithium-Ionen-Batterie stets in ihrem optimalen Betriebsbereich arbeitet, sinkt auch die Gefahr für irreparable, nicht umkehrbare Schädigungen der Batterie und für gegebenenfalls einen Thermal Runaway.

## System für sicherheitskritische Anwendungen

Durch diese Vorzüge ist das hybride Energiespeichersystem ideal für eine Reihe von sicherheitskritischen Anwendungen geeignet, beispielsweise medizinische Geräte, professionelle Elektrowerkzeuge oder Leasing-Geräte mit garantierter Laufzeit. Dank seiner digitalen Regelung ist das System flexibel einsetzbar und mit vielen Anwendungen kompatibel. Nicht zuletzt sind hybride Energiespeichersysteme aufgrund ihrer Lebensdauer auch umweltfreundlicher.

Weitere Informationen zu Rutronik finden Sie im Business-Profil auf Seite 43.

# ENERGIEEFFIZIENTE SENSOREN FÜR DAS IOT

Das Internet der Dinge (IoT) verbindet Geräte miteinander, die bislang isoliert voneinander funktionierten. Milliarden kleiner Sensoren bilden die Sinnesorgane des IoT und sammeln Informationen zu Parametern aller Art. Wichtig für diese ist eine hohe Batterielebensdauer und ein geringer Wartungsaufwand.

TEXT: Bianca Aichinger, Recom Power BILDER: Recom Power

Wenn batteriebetriebene Sensoren über viele Jahre wartungsfrei laufen sollen, müssen sie Energiesparend arbeiten. Ein kleiner Schaltregler kann den Stromverbrauch reduzieren und so die Lebensdauer der Sensoren verlängern. Alles ist vernetzt im Internet der Dinge (IoT). Bis 2020 werden laut Cisco an die 50 Milliarden vernetzte Geräte erwartet. Als vernetztes Kommunikationsnetzwerk treffen cyber-physikalische Systeme eigenständig intelligente Entscheidungen, agieren und kommunizieren in Echtzeit mit anderen Systemen und Menschen.

Ein Grund für den rasanten technologischen Fortschritt sind die rapide sinkenden Preise für Sensoren aller Art. War Sensortechnologie vor ungefähr 10 Jahren noch vorwiegend in Spezialanwendungen vertreten, so erobern sie dank des Preisverfalls mittlerweile auch den Massenmarkt. Dadurch ist es möglich, noch mehr Geräte miteinander zu vernetzen, sodass diese zunehmend Daten austauschen können und diese auch kombinieren.

## Fortschritt durch sinkende Preise

Häufig werden diese Applikationen mit preisgünstigen 3 V Knopfzellen versorgt, da sie so, unabhängig von einem Netzanschluss, flexibel eingesetzt werden können. Doch birgt dies auch seine Tücken. Eine voll-geladene CR2032 Knopfzelle liefert rund 3,2 V. Jedoch sinkt bereits nach wenigen Stunden im Betrieb, die Spannung auf unter 3 V. Schnell kann die zur Verfügung stehende Energie unter das benötigte Spannungsniveau, beispielsweise für Funkmodule (WLAN, Bluetooth, LoRaWAN und ähnliche), sinken und so beispielsweise die Reichweite stark einschränken oder gar die Übertragung stören. Leider wird auch die angegebene Kapazität nur bei op-

timalen Bedingungen erreicht. So kann sich die Lebensdauer reduzieren, wenn eine Last mehr Strom erfordert oder die Temperaturen sinken. Anders als bei Geräten, die die erforderliche Energie aus dem Netz beziehen, müssen Batterien ab einem gewissen Zeitpunkt ausgetauscht werden. Bei Geräten an schwer erreichbaren Stellen steigt der Wartungsaufwand gleich nochmals. Daher ist es essenziell, die Batterielaufzeit für die Zukunft zu optimieren.

## Modul erhöht Batterie-Performance

Somit ist eines der wichtigsten Kriterien beim Design von IoT-Applikationen, bei denen drahtlose Sensoren zum Einsatz kommen der Stromverbrauch. Je niedriger dieser ist, desto länger wird der Sensor laufen. Am einfachsten lässt sich die Laufzeit der Batterie jedoch verlängern, indem eine mit höherer Kapazität ausgewählt wird. Eine herkömmliche AA Batterie hat beispielsweise eine Kapazität von bis zu 3500 mAh im Gegensatz zu einer Knopfzelle mit ungefähr 240 mAh. Allerdings hat die AA Batterie üblicherweise nur eine Nennspannung von 1,5 V – zu wenig für die meisten IoT Applikationen, die meist eine Spannung von 3,3 V benötigen.

## Regelgenauigkeit von 1 Prozent

Der neuartige Schaltregler R-78S von Recom wurde speziell für batteriebetriebene Applikationen konzipiert. Das Modul generiert aus niedrigen Eingangsspannungen von 0,65 bis 3,15 V<sub>DC</sub> eine stabile 3,3 V Versorgung mit einer Regelgenauigkeit von 1 Prozent. So wird die Applikation, bis zur völligen Entleerung der Batterie, stabil und zuverlässig versorgt. Mit dem Modul können Anwendungen wie Mikroprozessoren, WLAN- und Bluetooth-Module oder IoT-Systeme nun



Abbildung 1: Der Boost-Schaltregler R-78S verlängert die Lebensdauer von Batterien in IoT-Anwendungen.

mit nur einer 1,5-V-Batterie- oder Akkuzelle versorgt werden, welche im Gegensatz zu einer herkömmlichen Knopfzelle eine wesentlich höhere Kapazität und somit längere Batterielebensdauer bieten.

### Energiesparender Dornröschenschlaf

Das Beispiel ein typischen IoT Anwendungsbeispiels mit einem Funkmodul. Die nötige Stromversorgung liefert hier eine günstige 1,5-V-Batterie. Der Schaltregler erhöht die Spannung auf die erforderlichen 3,3 V für den Mikrocontroller und das Funkmodul. Durch die Integration eines Pufferkondensators, welcher die Schaltung bei Abschaltung versorgt, kann auch der R-78S in einen energiesparenden Sleep Mode versetzt werden. Die meiste Zeit verbringt die Schaltung im energiesparenden Tiefschlaf und wird immer nur ganz kurz aktiv um Daten zu übertragen. Wenn die Schaltung aktiv ist, verbraucht sie kurzzeitig ungefähr 600  $\mu\text{W}$ . Danach kehrt sie zurück in den Schlafmodus und der Verbrauch liegt nun nur noch bei zirka 20  $\mu\text{W}$ . Der Schaltregler R-78S wird in diesem Zustand über einen Pufferkondensator versorgt und benötigt im Schlafmodus nur 7  $\mu\text{A}$ .

### Entladung verhindern

Nach einer gewissen Entladezeit unterschreitet die Ladung des Kondensators eine vorgegebene Schwelle. Der Mikroprozessor aktiviert den R-78S und die volle Batterieleistung steht augenblicklich zur Verfügung. So wird verhindert, dass die Schaltung zu lange im Schlafmodus verweilt und sich der Kondensator zu sehr entlädt, wodurch ein Wecken nicht mehr möglich wäre. Bei bestimmten Anwendungen könnte der Mikrocontroller auch durch ein externes Alarm-Signal geweckt werden. Durch diese einfache Lösung kann die Batterie

bis zum letzten mV ausgenutzt werden. IoT-Applikationen, welche durch Batterien versorgt werden, müssen wie bereits geschrieben besonders effizient sein. Dafür ist ein optimierter Wirkungsgrad essentiell. Um besonders sparsam zu sein, werden diese Applikationen meist im möglichst geringen Lastbereich betrieben. Das Schaltregler-Modul R-78S wurde so optimiert, dass es nicht nur unter Vollast einen hervorragenden Wirkungsgrad von 93 Prozent erreicht, sondern dieser liegt auch, in dem für IoT-Anwendungen wichtigen, niedrigen Lastbereich von 10 Prozent noch bei über 80 Prozent.

### Erwartungen schneller überprüfen

Um Entwickler beim Design ihrer IoT-Anwendung bestmöglich zu unterstützen hat Recom zusätzlich auch ein Referenzdesign und ein Evaluation Board auf den Markt gebracht. Ein Referenz-Design ist eine Komplettlösung, die als Ausgangsbasis für ein Design verwendet werden kann, um es schnell zum Laufen zu bringen. Es hat weniger Optionen als ein Evaluation Board, aber ermöglicht Entwickler, schnell zu überprüfen, ob das Produkt wie erwartet, in der Anwendung funktioniert. Das R-REF02-78S ist ein fertiges Design für IoT Anwendungen und kann direkt in der Anwendung verwendet werden. Das Referenzdesign enthält einen AA-Batteriehalter und einen R-78S3.3-0.1 Boost-Wandler. Zwei Jumper-Header J1 und J2 sind mit der Ausgangsspannung und dem CTRL-Pin des R-78S-Konverters verbunden. Ein Enable-Pin versetzt den R-78S in den Sleep-Modus, in welchem er nur 7  $\mu\text{A}$  von der Batterie aufnimmt.

### Externe Eingangsspannung angewandt

Das R-78S Evaluation Board zeigt die Leistung des R-78S, der eine AA-Batteriespannung von 1,5 auf stabile 3,3 V erhöht,



Abbildung 2: Praktische Referenzdesigns und Evaluation Boards sollen Entwicklern beim Design von IoT Applikationen unterstützen.

bietet aber auch die Möglichkeit die externe Eingangsspannung von anderen Niederspannungsquellen zu verwenden, wie etwa Energy-Harvesting-Geräten. Diese sind für Remote-Anwendungen typisch.

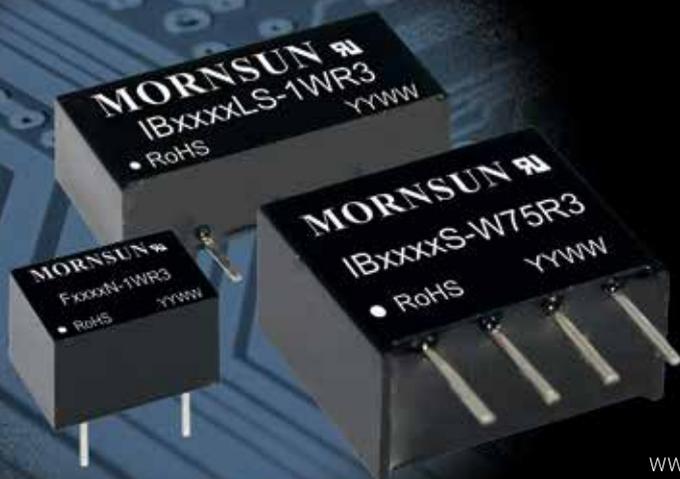
Die Last kann sowohl über Ausgangspins als auch über einen Mikro-USB-Port angeschlossen werden. Prüfpunkte zum Messen ermöglichen Ingenieuren die vollständige Bewertung des weiten Eingangsspannungsbereichs, des hohen Wirkungsgrads und des geringen Standby-Verlusts. Diese drei Faktoren tragen zu einer verlängerten Lebensdauer einer AA-Batterie bei und machen darüberhinaus sogar MEMS-Stromversorgungen möglich. Zusätzlich dazu sind auch zwei Interface-Platinen für das Evaluation Board erhältlich. Mit diesen können entweder das Steval STLCS01V1 SensorTile von STMicroelec-

tronics oder das SensiBLE v0.1 von SensiEDGE angeschlossen werden.

Die vielen Sensoren im Internet der Dinge verlangen nach neuen Stromversorgungskonzepten. Gerade bei batteriebetriebenen Systemen müssen Ingenieure darauf achten, dass die notwendigen Batteriewechsel nicht überhand nehmen. Erreicht wird das einerseits durch die möglichst effiziente Schaltungstechniken. Auf der anderen Seite können allerdings auch speziell entwickelte Produkte wie der Boost-Schaltregler R-78S, welcher besonders sparsam mit der Batterieladung umgeht, zu einer deutlich längeren Laufzeit maßgeblich beitragen.

Weitere Informationen zu Recom Power finden Sie im Business-Profil auf Seite 40.

## FESTSPANNUNGS-DC/DC-WANDLER R3 HÖCHSTE ZUVERLÄSSIGKEIT, OPTIMALE PERFORMANCE



- 0,75 bis 1 W
- 5 V<sub>in</sub> und 5, 9, 12, 15, 24 V<sub>out</sub>
- Lastkapazität bis zu 2.400 µF
- Wirkungsgrad bei Volllast bis zu 85%
- 1,5 bzw. 3 kV Isolationsspannung
- DIP-, SIP-, und SMD-Versionen, 105°C-Optionen



Halle A5  
Stand 442

# UNBÄNDIGER LEISTUNGSHUNGER

Großen Komfort und hohe Sicherheit wünscht sich jeder Automobilist. Dafür wird immer mehr Elektronik ins Fahrzeug gepackt. Das führt zu einer sich ständig erhöhenden Leistungsdichte mit nicht unerheblichem thermischen Gefahrenpotential. Thermosicherungen können hier Abhilfe schaffen.

TEXT: Markus Häcki, Schurter BILD: Schurter

Thermosicherungen, auch Temperatursicherungen genannt, werden zum sicheren und einmaligen Trennen von Stromkreisen verwendet, wenn eine vorgegebene zulässige Betriebstemperatur überschritten wird. Sie verhindern dadurch einen möglichen Brand auch nach Jahren des zuverlässigen Betriebs. Die häufigsten Anwendungen finden sich in unbeaufsichtigter Leistungselektronik zum Absichern von Netzgeräten, Elektromotoren, Lüftern und vielem anderem mehr. Um welche Wärmequelle es sich aber handelt, spielt eigentlich keine Rolle. Jede Anwendung, in welcher potentiell übermäßige Wärme entstehen kann, bietet Potential für eine Thermosicherung.

## Automobil im Wandel

Vor 20 bis 30 Jahren waren Automobile meist sehr spartanisch ausgestattet. Mechanik war noch Trumpf. Elektrische Fensterheber fand man teils erst unter Optionen. Heute ist das völlig anders. Moderne Autos bieten eine Unmenge an elektronischen Helferlein und höchsten Komfort. Nehmen wir nur den Sitz: Er verfügt über integrierte Airbags, kann im Winter elektrisch beheizt werden, bietet eine Speichermöglichkeit für verschiedene Sitzeinstellungen und womöglich gar eine Massage-Funktion. Werfen wir einen Blick auf die Klimatisierung des Interieurs. Klassische Lüfter sind neben Klima-Anlagen de facto Standard. Zumeist für mehrere Zonen getrennt einstellbar. Eine komfortable Umgebungstemperatur soll möglichst rasch – somit unter Einsatz großer Leistung – sichergestellt werden. Wer will schon gern schwitzen im Sommer oder gar frieren im Winter? Infotainment? Natürlich. Das volle Programm. Gab es früher gerade mal ein FM-Radio mit zwei Breitbandlautsprechern, so wollen heute ganz andere Bedürfnisse

befriedigt werden: Neben dem DVD-Player mit DAB-Radio ist ein Navigationssystem mit Online-Anbindung zur Stauwarnung schon in der Kompaktklasse zu haben. Rückfahrkamera? Natürlich. Wer hat das nicht? Und klingen soll das ganze wie im Konzertsaal.

Ein Dutzend separate Lautsprecher sind schnell verbaut, und dieses Dutzend will versorgt werden. Verstärker müssen her. Kraftvolle, dynamische Verstärker mit bis zu 1.000 W Leistung und mehr, damit man es auch mal krachen lassen kann. Derweil vertreibt sich der Nachwuchs auf den Rücksitzen mit Games auf der Playstation oder DVD-Video seine Zeit. Das ist nur ein kleiner Ausschnitt aus der immer breiter werdenden Palette der Fahrzeugsysteme. Allesamt eigentlich nicht zwingend erforderlich. Aber auch sie wollen versorgt werden. Am üblichen 12-Volt-Bordnetz.

## Leistungsdichte steigt und steigt

Die Leistungsdichte im Auto nimmt zusehends zu. Moores Gesetz besagt, dass sich die Komplexität von integrierten Halbleitern rund alle zwei Jahre verdoppelt. Dieses Gesetz lässt sich auch auf die Leistungshalbleiter anwenden. Es ist also absehbar, dass die Leistungsdichte weiter ansteigen wird. Anwendungen werden leicht gefunden werden, die noch mehr Komfort und noch mehr Sicherheit versprechen. Je höher die Leistungen, die vom 12-Volt-Bordnetz abgerufen werden, desto höher fallen natürlich die Ströme aus. Das 12-Volt-Bordnetz kommt ja bereits heute in Fahrzeugen mit besonders vielen Verbrauchern an seine Grenzen, es muss durch ein zweites Bordnetz (48 Volt) ergänzt werden. Hohe Ströme führen unter anderem zu hohen Verlusten. Diese Verluste fallen als Wärme



Abbildung 1: Das Automobil der Zukunft stellt enorme Anforderungen an die Bordelektronik sowie den sicheren Betrieb.

an, und diese Wärme ist der ärgste Feind der Automobilelektronik während ihres Lebenszyklus. Sie führt zur beschleunigten Alterung von Bauteilen. Dieser schleichende Tod der Bauteile wird im Normalbetrieb nicht wahrgenommen, bis die ersten Komponenten außerhalb ihrer Temperaturvorgaben betrieben werden. Zudem begünstigen hohe Ströme den Fall eines Thermischen Durchgehens.

### Leistungshalbleiter sorgen für Überhitzung

Als Thermisches Durchgehen bezeichnet man die Überhitzung einer technischen Apparatur aufgrund eines sich selbst verstärkenden, Wärme produzierenden Prozesses. Diese Schädigung bewirkt in der Regel die Zerstörung der Apparatur und führt oftmals zu Brand oder Explosion. Verursacher sind hierbei zumeist Leistungshalbleiter.

### Gefahr Lithium-Ionen-Akku

Eine ähnlich gelagerte Gefahrenquelle stellen Lithium-Ionen-Akkus dar. Oft werden die Akku-Kapazitäten mit höchst möglichen Entladeströmen und kürzesten Ladezeiten bis an ihre Grenzen belastet. In Elektrofahrzeugen etwa werden zur Erreichung hoher Leistungen kleine Akku-Zellen der Größenordnung  $4 V_{DC}/3200 \text{ mAh}$  parallel und in Serie verschaltet. Um eine Betriebsspannung von  $400 V_{DC}$  zu erreichen, braucht man also 100 Zellen in Serie. Die Ausdauer, Reichweite und die Leistung des Gesamtpaketes kommt dann über die Parallelschaltung vieler solcher  $400 V$ -Strings. In leistungsstarken Elektrofahrzeugen kommen mehrere tausend Zellen auf sehr engem Raum zusammen. Was ein einzelner defekter Akku anrichten kann, kennen wir von den Smartphone-Akkus eines

bekannten Herstellers oder den Bränden an Bord des Boeing 787 Dreamliners.

### Hohe Anforderungen an Sicherungen

Absolute Zuverlässigkeit ist im Automobilssektor das A und O. Eine solche Thermosicherung muss über viele Jahre ohne Murren funktionieren. Sie muss im kältesten Winter ebenso willig ihren Dienst verrichten wie bei brütender Hitze. Schläge, Vibrationen? Alltag. Einschalten, Ausschalten – zyklische Festigkeit ist unverzichtbar. Die thermischen, elektrischen und mechanischen Anforderungen an solche Sicherungen sind enorm. Sie müssen unter allen Bedingungen zuverlässig ihren Dienst verrichten. Dazu werden sie unter Extrembedingungen getestet: Bauteile im Automobil müssen höchste Schockbelastungen und Vibrationstest mit Beschleunigungen über  $40 G$  bestehen.

### Zuverlässigkeit und Langlebigkeit

Schurter führt eine ganze Palette an Sicherungen für Automotive gemäß AEC-Q200 für verschiedene Applikationen, wie dem Battery Management, der Klimaregelung und motornaher Elektronik für Diesel sowie Benziner. Die enge Vernetzung mit internationalen Automotive-Organisationen und der Industrie selbst machen Schurter zum Ansprechpartner für Fragen rund um die Absicherung von Elektronik im Automobilbau. Die Kompetenzen und Erfahrungen von Schurter liegen aber auch in weiteren Gebieten der Leistungselektronik. So werden Thermo- und Überstromsicherungen oder deren Kombination auch in vielen anderen Industrien angeboten. Überall dort, wo Zuverlässigkeit und Langlebigkeit gefordert sind. □

# MOSFET-REGLER HEBEN LEISTUNGSDICHTE

Integration ist im Halbleiterbereich von grundlegender Bedeutung. Die Möglichkeit, ähnliche und sich ergänzende Funktionen in einem einzigen Baustein zu kombinieren, treibt die gesamte Branche an. Zusammen mit Forschungs- und Entwicklungsergebnissen aus den Bereichen Gehäusetechnik, Wafer-Handling und Lithografie steigt die Funktionsdichte von ICs weiter an, was zu effizienteren Lösungen sowohl hinsichtlich der Größe als auch der Stromaufnahme führt.

TEXT: Jennifer Joseph, ON Semiconductor BILD: ON Semiconductor

Die Leistungsdichte stellt für Entwickler eine ständige Herausforderung dar. Immer höhere Ströme bei verschiedenen Spannungen sind gefragt, die oft viel niedriger sind als die Spannung des Systembusses. Dafür sind kleinere Abwärts-/Buck-Regler erforderlich, die Spannungen von 48 auf 1 V mit mehreren Ampere in einer einzigen Stufe umwandeln. Damit können sie näher am Lastentnahmepunkt angebracht werden und bieten immer noch einen Wirkungsgrad von über 95 Prozent.

Die Kombination aus hohem Integrationsgrad und Leistungswandlung ist kein gewohntes Zusammenspiel, da die beiden Prozesse normalerweise nicht sehr kompatibel zueinander sind. In einigen Fällen kann man die unvermeidlichen Kompromisse tolerieren, beispielsweise bei DC/DC-Reglern, die innerhalb eines engen Eingangsspannungsbereichs nur eine niedrige Leistung bereitstellen, oder bei denen man eine schlechte Energieeffizienz ignorieren kann. Leider sind diese Kompromisse heutzutage nicht mehr hinnehmbar.

## Hohe Integration bei schlechten Werten

Eine kleine Zahl von Leistungsreglern bietet jetzt eine hohe Integration, sie weisen aber bezüglich Leistungsfähigkeit und Wirkungsgrad eher schlechte Werte auf. In immer mehr Anwendungen, in denen Kompromisse nicht mehr tolerierbar sind, ist der Integrationsgrad oft auf einen Controller und Low-Side-/High-Side-Treiber für externe MOSFETs beschränkt. Die ideale Lösung wäre jedoch, wenn alle Funk-

tionen eines Abwärtsreglers in ein einziges, kleines und effizientes Bauteil integriert würden, das den Controller, Treiber und MOSFETs vereint und so insgesamt mehr Vorteile für das Gesamtsystem bietet.

## Vereinte Funktionen

Es gibt viele Gründe, warum eine hohe Integration sinnvoll ist. In einer digitalen oder Mixed-Signal-Lösung wie einem Mikrocontroller (MCU) lassen sich damit zahlreiche Funktionen vereinen, wie sie in verschiedenen Anwendungen benötigt werden. Werden diese Funktionen in einem einzigen Baustein zusammengefasst, entsteht eine Lösung, die eine angemessene Anzahl von Herstellern anspricht, während die Stückkosten insgesamt sinken. Die Integration wird dabei durch die Weiterentwicklung im Halbleiterbereich vorangetrieben.

Bei einem Leistungselektronikbaustein bringt die Integration auch Kostenvorteile mit sich – allerdings auf eine wirkungsvollere Weise: Eine höhere Integration der Hauptkomponenten, wie sie beispielsweise bei der Abwärtsregelung zum Einsatz kommen, kann den Wirkungsgrad direkt erhöhen, was nicht nur zu niedrigeren Stückkosten, sondern auch zu geringeren Systemkosten führt. Aufgrund höherer Wirkungsgrade können die Hersteller häufig auch geringere Anforderungen an die Kühlung des Gesamtsystems stellen. Dies führt in immer mehr Anwendungen zu direkten Einsparungen bei den Gesamtbetriebskosten, so etwa in den Bereichen Telekommunikations- und Netzwerktechnik, Basisstationen, Automatisie-

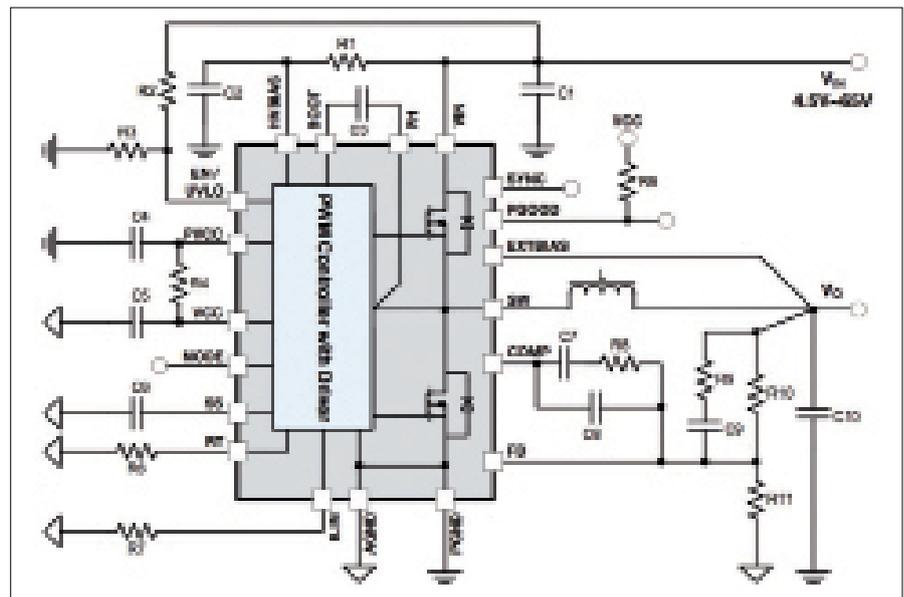


Abbildung 1: Das Multichip-Modul FAN6500XX in einer Anwendung

rungstechnik (einschließlich Robotik), Haushaltsgeräte und Elektrowerkzeuge, Verkaufsautomaten, Gaming, Geldautomaten und Netzteile zum Laden unserer tragbaren Geräte.

## Multichip-Modul löst monolithischen Chip ab

Die Integration mehrerer Bauelemente in einem einzigen Gehäuse ist über ein Multichip-Modul (MCM) oder monolithisch möglich. MCMs bieten Leistungsverbesserungen, Miniaturisierung und eine viel schnellere Einführung des Produkts am Markt, verglichen zur Integration aller gewünschten Funktionen auf einem einzigen monolithischen Chip. Für einen Halbleiterhersteller wie ON Semiconductor bietet der Zugriff auf die am besten geeignete Technologie den optimalen Ansatz für die Entwicklung eines Multichip-Moduls.

Auf hoher Ebene weist ein synchroner Abwärtsregler drei wesentliche Funktionen auf: Controller, Gate-Treiber und die Leistungs-MOSFETs zum Schalten. Es gibt Bausteine, die den Controller und den/die Treiber erfolgreich integrieren – für den Einsatz mit externen MOSFETs – aber nur wenige, die alle drei Funktionen in einem einzigen Baustein integrieren, was Entwicklern erhebliche Vorteile bieten würde.

## Probleme herkömmlicher Lösungen beseitigen

Die im Spannungsmodus betriebenen synchronen Abwärtsregler der Serie FAN6500XX verfügen über solche ein hohes Integrationsniveau. Mit einem zielgerichteten Ansatz

wird jedes der Elemente für die jeweilige Aufgabe entworfen und optimiert. Das führt zu einem Multichip-Modul, das den branchenweit höchsten Stromausgang mit einem Leistungslevel kombiniert, das mit diskreten Bauteilen ansonsten nur schwerlich zu erreichen ist. Die Serie umfasst derzeit drei verschiedene Varianten, die einen Ausgangsstrom von 6, 8 beziehungsweise 10 A bereitstellen. Die Pin-Kompatibilität zwischen allen wird mit einem platzsparenden 6 mm x 6 mm PQFN-Gehäuse gewährleistet. Folglich können OEMs selbst nach der Fertigstellung des Leiterplattendesigns das für ihre Anwendung optimale Modul auswählen. Abbildung 1 zeigt die Funktion des FAN6500XX in einer Anwendung. Ein wesentlicher Vorteil bei der Integration der High- und Low-Side-MOSFETs im gleichen Gehäuse ist eine optimierte Ansteuerung der MOSFET-Last. Bei einer herkömmlichen Lösung mit extern angeordneten MOSFETs werden diese gemäß den Ausgangsstromanforderungen ausgewählt. Das kann zwar durchaus von Vorteil sein, weist allerdings bei der Auslegung für den erforderlichen Strom einige Nachteile auf. MCMs beseitigen dieses Problem.

## Herausforderungen externer MOSFETs meistern

Während der tatsächliche Strom, der geliefert werden kann, immer noch durch die Kapazität des integrierten Gate-Treibers begrenzt ist, besteht die größte Herausforderung bei externen MOSFETs darin, den Regelkreis in Bezug auf das Erfassen des High-Side-Stroms zu schließen. Dies ist ein entscheidender Teil der Gesamtlösung, da sie sowohl eine Regelung als auch

einen Überstromschutz bietet. Mit internen MOSFETs, die neben dem Controller und dem Treiber angeordnet sind, sind die Temperaturkoeffizienten zwischen allen Teilen des Schaltkreises viel genauer aufeinander abgestimmt und sorgen für eine höhere Genauigkeit.

Bei externen MOSFETs geht diese enge Anpassung verloren, was zu einem geringeren Wirkungsgrad führt. Ein zusätzlicher Vorteil der weiterentwickelten Bauelemente für eine Multichip-Lösung ist das optimierte Design zwischen dem Gate-Treiber und den MOSFETs. Damit lässt sich die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit des Treibers an die MOSFETs anpassen. Dies führt zu weniger Ringing im Schaltknoten und zu einem viel geringeren Shoot-Through-Risiko oder einer Querverbindung. Die Zuverlässigkeit verbessert sich ebenfalls, da der modulare Ansatz nur einen einzigen Fehlerpunkt im Stromversorgungsdesign aufweist. Die Qualifizierung wird mit der gesamten Lösung durchgeführt und nicht stückweise mit den einzelnen Bauelementen, was das Risiko zusätzlich reduziert.

## Designflexibilität durch Multimode-Betrieb

Neben den Vorteilen einer hohen Integration bietet die Serie FAN6500XX mehrere Betriebsmodi für eine erhöhte Designflexibilität. Dazu zählen unter anderem CCM und DCM im Master- und Non-Master-Modus. Über den Mode-Pin am Modul wird der Pulsmodulations- oder Frequenzsynchronisationsmodus eingestellt, woraus sich zahlreiche Designmöglichkeiten ergeben.

Im erzwungenen CCM-Modus bleibt das Modul im Continuous Conduction Mode mit einer festen Frequenz (unabhängig von den Lastbedingungen) und gibt einen niedrigen Ripplestrom aus. Befindet sich das Modul im DCM-Modus, nutzt es Puls-Skipping bei geringen Lasten und schaltet automatisch in den CCM-Modus, wenn der Induktorstrom über 0 A liegt.

Puls-Skipping sorgt für eine höhere Betriebseffizienz in Anwendungen mit geringeren Lasten oder in Standby-Zeiten. Im Master-Modus mit Frequenzsynchronisierung erzeugt das Modul ein um 180 Grad phasenverschobenes Taktsignal, wodurch sich mehrere Module synchronisieren lassen, während die Eingangswelligkeit minimal gehalten wird, was zu einem höheren Gesamtwirkungsgrad führt.

## Effektives Wärmemanagement

Beim Multichip-Modul-Design kann die Source des Low-Side-MOSFETs physikalisch mit einer großen Massefläche verbunden werden. Über Durchkontaktierungen (Vias) schafft dies einen effizienten Wärmepfad zu den inneren Lagen der Leiterplatte.

Dieses Design verbessert die thermischen Eigenschaften des Moduls und erhöht den Gesamtwirkungsgrad. Der Einsatz von PowerTrench-MOSFETs und einem kompakten, wärmetechnisch verbesserten, 6 mm x 6 mm PQFN-35-Gehäuse ermöglicht also die hohe Leistungsdichte der Serie FAN6500xx. Sie erreicht folgende Werte:

- ▶ Gehäusetemperatur-Thermoelement am High-Side-FET:  
 $T_1 = 117,9 \text{ °C}$
- ▶ Umgebungstemperatur-Thermoelement an der Unterseite:  
 $T_2 (TA) = 98,9 \text{ °C}$

Die Lösung liefert 140 W Ausgangsleistung bei 97 Prozent Wirkungsgrad mit nur 19 °C Temperaturanstieg. Die Spannungsmodus-synchronisierten Abwärtsregler der Serie FAN6500XX sind eine komplette Lösung in einem Modul und helfen Entwicklern von Stromversorgungen, eine deutlich höhere Leistungsdichte für verschiedenste Anwendungen zu erzielen. Mit ihrem weiten Eingangsspannungsbereich von 4,5 bis 65 V, Ausgangsspannungen von 0,6 bis 55 V und einem Dauerstrom von 6 bis 10 A bringt die Serie FAN6500XX die Leistungsdichte auf ein hohes Integrationsniveau. □

# GÜNSTIG KABELLOS LADEN

Kabellose Energieübertragungssysteme bieten zahlreiche Vorteile. Sowohl Leistungssender, als auch Leistungsempfänger können hermetisch gekapselt werden, was das Gehäusedesign stark vereinfacht. Es sind keine wartungsintensiven und störanfälligen Kontakte nötig und Undichtigkeiten im Kontaktbereich sind weitestgehend ausgeschlossen.

TEXT: Dominik Huwig, Etatronix BILDER: Etatronix

Im medizintechnischen Umfeld wird das Reinigen von Systemen deutlich vereinfacht. Die Energie kann durch zwei Kunststoffoberflächen übertragen werden, welche einfach und mit beliebigen Reinigungsmitteln zu reinigen sind. Auch die thermische Sterilisation ist keine Schwierigkeit. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, medizinische Implantate ohne transkutane Leitungen zu laden oder zu versorgen.

Daneben warten viele neue Märkte auf ihre Erschließung. So ist es zum Beispiel mittlerweile möglich, neben Daten auch größere Leistungen in geschlossene oder vergossene Systeme zu übertragen und dort zum Beispiel eine Batterie zu laden. Durch den Wegfall leitfähiger Verbindungen kann dabei kein Kontaktfunke entstehen, wodurch kabellose Übertragungssysteme auch im explosionsgeschützten Umfeld an Bedeutung gewinnen.

## Neue Märkte für kabellose Übertragungssysteme

Spätestens jedoch wenn die zuvor aufgeführten Vorteile für das konkrete Produkt nur wenig Mehrwert liefern und lediglich der oft aufgeführte Aspekt des gesteigerten Komforts genannt werden kann, gewinnt auf der anderen Seite die Frage nach den zusätzlichen Kosten an Bedeutung. Aber stimmt die Vermutung, dass ein kabelloses Übertragungssystem deutlich teurer als ein Steckverbinder ist? In vielen Fällen sind, im Vergleich zum kabellosen Übertragungssystem, die Bauteilkosten

eines konventionellen Steckverbinders niedriger. Unter Einbeziehung von Ausfall- und Reparaturkosten durch schadhafte Steckkontakte verbessert sich die Bilanz zugunsten der kabellosen Lösung, jedoch erst die konsequente Optimierung des gesamten Systemkonzeptes zeigt, dass der Einsatz eines kabellosen Systems die Gesamtkosten in Summe sogar reduzieren kann.

## Induktive Energieübertragungssysteme

Zunächst ein kurzer Überblick über die Funktionsweise der überwiegend eingesetzten, induktiven Energieübertragungssysteme. Die Energieübertragung erfolgt von einer Sendespule zu einer Empfangsspule mittels magnetischem Wechselfeld.

Vereinfacht dargestellt wird eingangsseitig eine Gleichspannung durch einen Leistungsverstärker, zum Beispiel eine Halbbrücke, in eine rechteckförmige Wechselspannung hoher Frequenz überführt, welche einen Senderesonanzkreis speist. Dieser Resonanzkreis besteht im einfachsten Fall aus einem Resonanzkondensator  $C_t$  und einer Sendespule  $L_t$ . In Abhängigkeit der oft steuerbaren Schaltfrequenz der Eingangsspannung fließt in dem Resonanzkreis ein Strom, welcher ein alternierendes Magnetfeld im Nahbereich der Spule  $L_t$  erzeugt. Dieses Magnetfeld induziert in der zweiten, gekoppelten Spule  $L_r$  einen Wechselstrom, welcher nach meist aktiver Gleichrichtung einem Verbraucher zugeführt wird.

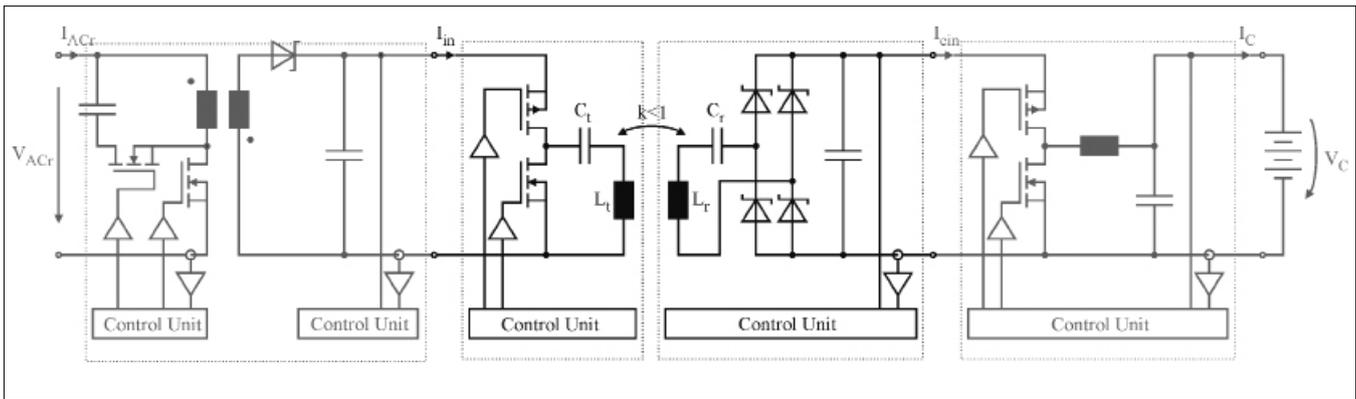


Abbildung 1: Zu sehen ist eine schematische Darstellung eines nicht optimierten kabellosen Übertragungssystems. Der eingangsseitige isolierende Sperrwandler sowie der ausgangsseitige Laderegler können vollständig eingespart werden.

Der zusätzliche Resonanzkondensator  $C_r$  steigert den Wirkungsgrad. Ausgangsspannung und/oder Ausgangsstrom werden durch eine Anpassung der Schaltfrequenz geregelt. Vereinfacht skizziert erfordert eine große Ausgangsleistung ein großes Magnetfeld und damit verbunden einen großen, senderseitigen Strom. Demnach wählt der meist digitale Regelkreis eine Schaltfrequenz nahe der Resonanzfrequenz. Bei hingegen kleiner Ausgangsleistungen sind nur ein kleines Magnetfeld und damit ein kleiner Sendestrom nötig. Der Regler wählt eine Schaltfrequenz deutlich abweichend von der Resonanzfrequenz.

Der erste Eindruck führt also meist zu der Annahme, dass das kabellose Übertragungssystem oder allgemeiner das kabellose Powermanagement deutlich teurer als ein Steckverbinder sein muss. Bei diesem Vergleich wird jedoch oft nicht berücksichtigt, dass ein kabelloses Übertragungssystem weit mehr Funktionalität als ein Steckverbinder liefert. Das kabellose Übertragungssystem liefert:

- ▶ Galvanische Trennung zwischen Sender und Empfänger.
- ▶ Messung und Überwachung der Eingangsspannung (OVP, UVP), Begrenzung der Eingangsleistung.
- ▶ Messung und Überwachung der Ausgangsspannung, Begrenzung der Ausgangsleistung.
- ▶ Regelung der Ausgangsgröße. Li-Ion Ladealgorithmus (CC/CV) kann vorgesehen werden.
- ▶ Windungsverhältnis kann angepasst werden. Mit einer festen Eingangsspannung sind viele unterschiedliche Ausgangsspannungen möglich.

Der Ansatz der Kostenoptimierung kabelloser Energieübertragungssysteme besteht nun darin, diese zusätzlich vorhandenen Funktionen zu nutzen und damit bisher benötigte Schaltungsteile einzusparen. Dies reduziert Gesamtkosten und macht eine kabellose Lösung wettbewerbsfähig. Das oben dargestellte schematische Beispiel zeigt eine konventionelle, zwei-stufige Anordnung aus Sperrwandler (links) und Laderegler (Synchron-Buck, rechts), welche um eine dritte Stufe, das zuvor skizzierte kabellose Übertragungssystem erweitert wurde. Die Verbindung zwischen Leistungssender und Leistungsempfänger wird durch die induktive Kopplung zwischen  $L_t$  und  $L_r$  realisiert.

## Mehrfache Funktionen erkennen und streichen

Es kann leicht nachvollzogen werden, dass jede Stufe Verluste erzeugt und der erreichbare Gesamtwirkungsgrad so stark limitiert ist. Darüber hinaus sind viele Schaltungsteile mehrfach vorhanden. Das System hat zum Beispiel drei Wechselrichter. Sowohl der Sperrwandler, das kabellose Übertragungssystem als auch der Laderegler schalten eine Gleichspannung und erzeugen am Ausgang eine davon abweichende Spannung. Daneben sind mehrere Gleichrichter erforderlich. Eine galvanische Trennung ist zweifach vorhanden. Sowohl der Sperrwandler, als auch das kabellose Übertragungssystem selbst liefern eine Ausgangsspannung, welche von der Eingangsspannung getrennt ist. Diese Trennung erfolgt durch den isolierten Transformator des Sperrwandlers oder durch die Kunststoffgehäuse der Anwendung. Nennenswert sind auch

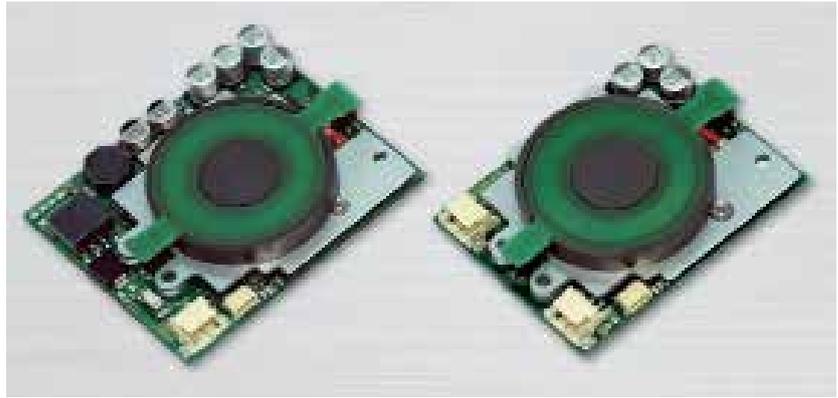


Abbildung 2: Die CE und FCC zertifizierten exm10-Module zur kabellosen Energieversorgung

die Regelkreise, welche jede Stufe benötigt. Diese machen die Schaltung komplex und das Zusammenspiel der Regler zur Herausforderung.

### Vereinfachtes, kabelloses Ladesystem

Werden die zuvor aufgeführten, mehrfach vorhandenen Funktionen zusammengefasst, ergibt sich ein deutlich vereinfachtes, kabelloses Ladesystem. Die gleichgerichtete Eingangsspannung kann unmittelbar dem Leistungsverstärker des kabellosen Ladesystems zugeführt werden. Da die spannungsführenden Komponenten des Leistungsenders für den Anwender nicht zugänglich sind und kein Steckverbinder vorhanden ist, kann auf die erste, isolierende Stufe vollständig verzichtet werden. Die galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgang wird durch das kabellose Übertragungssystem selbst beziehungsweise beide Gehäuseschalen erfüllt. Das Windungsverhältnis zwischen Sende- und Empfangsspule kann beliebig angepasst werden. Zum Beispiel ist trotz Speisung aus 400 V eine Ausgangsspannung von 4.2 V mit hohem Wirkungsgrad realisierbar. Der Ausgang des kabellosen Übertragungssystems kann, wie zuvor angesprochen, durch Variation der Schaltfrequenz gesteuert werden.

Wird nun der Regler des kabellosen Übertragungssystems so realisiert, dass der Ausgang eine CC/CV Charakteristik aufweist, ist das unmittelbare Laden eines Lithium-Ionen-Akkus möglich. Demzufolge kann auch auf den nachgeschalteten Laderegler gänzlich verzichtet werden. Es zeigt sich, dass die Ge-

samtanordnung deutlich kompakter als die zuvor dargestellte, kabelgeführte Lösung realisiert werden kann. Hierzu ist es nötig, bereits zum Beginn einer Entwicklung alle Vorteile der kabellosen Energieübertragung zu verstehen und diese nicht nur als Ersatz für einen Steckverbinder zu interpretieren. So lassen sich kabellose Übertragungssysteme realisieren, welche sowohl technologisch, als auch wirtschaftlich sinnvoll sind.

### Weiteres Optimierungspotential

Weiteres Optimierungspotential besteht durch kundenspezifisch angepasste Lösungen. Die Regelung kabelloser Übertragungssysteme erfolgt meist digital durch sende- und empfangsseitige Mikrocontroller. Diese steuern die kabellose Energieübertragung, Wechsel- und aktive Gleichrichtung sowie das Lademanagement und können bei Bedarf zusätzliche, kundenspezifische Aufgaben übernehmen. So ist zum Beispiel eine parallele Datenübertragung oder ein Batteriemanagement, welches den Ladezustand der Batterie liefert, möglich.

Ein- und Ausgangsgrößen können überwacht, Sicherheitsfunktionen implementiert und auch die Signalisierung zum Anwender kann problemlos und meist ohne Mehrkosten bereitgestellt werden. Die exm10 Modulserie der Firma Etatronix erfüllt diese Anforderungen. Die zertifizierten Systeme liefern neben der kabellosen Energieübertragung das vollständige Lade- und Powermanagement und können kundenspezifisch angepasst werden. □

# MODERNE SiC- UND GaN-WANDLER

Der Markt für Leistungswandler entwickelt sich rapide. Die große Herausforderung ist aktuell, kleinere und effizientere Leistungswandler herzustellen. Diese werden unter anderem zur Ansteuerung von kleinen Servo-Antrieben verwendet, die in verteilten Energiespeichern zum Einsatz kommen.

**TEXT:** Stefano Gallinaro, Analog Devices; Imad Owaineh, Watt & Well **BILDER:** Analog Devices

Neue effiziente und schnelle Leistungswandler, die auf Wide-band-Gap-Halbleitern (WBG) wie Siliziumkarbid- und Galliumnitrid-MOSFETs basieren, halten derzeit Einzug in unterschiedliche Märkte und Anwendungen. Insbesondere bei Solar-PV-Invertern, Energiespeichern und auch der Elektrifizierung von Fahrzeugen ist das der Fall. Dort kommen die Wandler unter anderem bei Ladesystemen und Invertern für Antriebsmotoren zum Einsatz. Um sämtliche Vorteile der neuen Leistungsschaltertechnik auszuschöpfen, muss ein vollständiges Ökosystem an ICs in das Wandlerdesign implementiert werden. Insbesondere beim wichtigsten Chip für den Leistungsschalter, dem Gate-Treiber, ist das der Fall. Die Anforderungen für isolierte Gate-Treiber haben sich jedoch bei den WBG-Halbleiter gegenüber früheren Silizium-IGBT-Treibern verändert. Bei SiC- und GaN-MOSFETs sind hohe Gleichtaktschwankungsimmunität (CMTI) von größer 100 kV/ $\mu$ s, ein weiter Swing der Gate-Spannung, schnelle Anstiegs- und Abfallzeiten und außerdem eine sehr geringe Laufzeitverzögerungen nötig. Der isolierte Gate-Treiber ADuM4135 von Analog Devices besitzt die erforderlichen Eigenschaften. Er ist in ein Wide-Body-SOIC-Gehäuse mit 16 Anschlüssen integriert. Zusammen mit dem Mixed-Signal-Control-Prozessor ADSP-CM429F managt er die Regelschleifen der SiC- und GaN-basierten Leistungswandler mit guter Leistungsdichte.

## Die dritte Generation SiC-MOSFETs

Neue technische Verbesserungen bei Leistungsschaltern stellen nun die dritte Generation von SiC-MOSFETs und die erste und zweite Generation von GaN-MOSFETs zur Verfügung. Nachdem sie für einige Zeit vor allem auf einige Nischenanwendungen beschränkt waren, werden WBG-Techniken mittlerweile rasch in verschiedenen Applikationen verwendet. Das Eindringen in diese

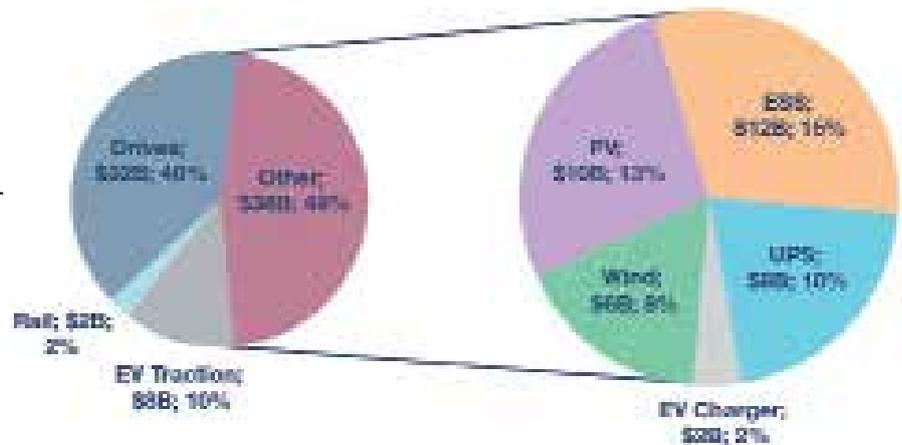
Märkte hat zu einem deutlichen Preisverfall geführt. Die sinkenden Preise ermöglichen wiederum den Einsatz in zusätzlichen Anwendungsbereichen, in denen der Preis der entscheidende Faktor ist.

Die Anwendungen, die den Einsatz von SiC- und GaN-Leistungsschaltern treiben, sind Solar-PV-Inverter, Ladesysteme für Elektrofahrzeuge und Wandler für Energiespeicher. Hier wird der Mehrwert von schnellen, kleinen und effizienten Leistungsschaltern genutzt, um hohe Schaltfrequenzen, sowie Wirkungsgrade von über 99 Prozent auf den Markt zu etablieren.

Es sind Fortschritte und Innovationen in allen beteiligten Engineering-Prozessen nötig. Der Einsatz von Hochspannungssystemen (HV) ist eine Architekturwahl, wurde aber für lange Zeit von verschiedenen Halbleitertechniken behindert. Heute ist diese Situation mit der Einführung der WBG-Halbleiter beseitigt, die HV zu einer praktikablen und überlegenswerten Lösung gemacht haben. Die Standardspannung bei Solar-String-Invertern ist 1.500 V<sub>DC</sub>, während 1.000 V<sub>DC</sub>, und bald 2.000 V<sub>DC</sub>, zum Standard bei Energiespeicher-Wandlern (Batterie basiert) und Ladesystemen für Elektrofahrzeuge werden wird.

Tatsächlich ist die Hinwendung zu HV-Systemen, die mit WBG-Halbleitern kompatibel sind, aus drei Gründen interessant: Erstens, hohe Spannungen bedingen geringere Ströme, was bedeutet, dass das Kupfer in einem System insgesamt verringert wird und diese Reduzierung direkte Auswirkungen auf die Kostensenkung des Systems hat. Zweitens generieren Wide-Gap-Techniken weniger Ohmsche Verluste, was wiederum in einem höheren Wirkungsgrad resultiert, wodurch die Notwendigkeit für ein Kühlsystem reduziert wird. Drittens, HV-Systeme es auf der

Abbildung 1: Die voraussichtliche Entwicklung des Leistungswandlermarkts bis 2021



Subsystemebene den Ingenieuren ermöglichen, von Designs, die auf Basisplatten-Leistungsmodulen basieren, auf Designs auf Basis von diskreten Bausteinen oder leichteren Leistungsmodulbasierten Entwicklungen überzugehen. Dies bedeutet das Nutzen von kompatiblen Leiterplatten und dünnen Drähten, anstatt von Stromschienen und dickeren Drähten.

Das gute  $dV/dt$ -Schalten, das den WBG-Halbleitern eigen ist, resultiert in sehr geringen Verlusten pro Schalter. Dies macht eine hohe Schaltfrequenz, 50 bis 500 kHz für SiC, oder mehr als 1 MHz für GaN, zu einer sehr realistischen Möglichkeit. Das hilft dabei, die Ausmaße der magnetischen Komponenten zu verringern und gleichzeitig die Leistungsdichte zu steigern.

Eine Verringerung der Werte, Ausmaße und dem Gewicht der Spule, zusammen mit verkleinerten Kondensatoren, kann den endgültigen Wandler auf nur mehr ein Fünftel der Größe und des Gewichts eines traditionellen Konverters bringen. Die Toleranz bei hohen Sperrschichttemperaturen hilft bei steigender Leistungsdichte, wobei gleichzeitig Probleme mit der Kühlung vermindert werden. Weitere Charakteristika von SiC/GaN-Schaltern, die dabei helfen, Verluste zu minimieren, sind das Fehlen jeglicher Erholung an den Dioden (geringere Verluste bei der Gleichrichtung) und der geringe  $R_{ds(on)}$  (der kleinere Leistungsverluste erzeugt), zusätzlich zu ihrem HV-Betrieb.

## Vorteile für das Engineering

Um die Vorteile auszuschöpfen, die SiC- und GaN-basierte Designs ermöglichen, sollte man sich mit den umfangreichen technischen Herausforderungen befassen, die mit ihnen verbunden sind. Diese Herausforderungen lassen sich in drei Hauptkate-

gorien einteilen: den Schalter treiben, Auswahl der Stromversorgung mit der richtigen Komponentenkombination und Steuern der Regelschleifen des Leistungswandlers auf geeignete Weise.

Die isolierten iCoupler Gate-Treiber überwinden die Beschränkungen von Optokoppler- und Hochspannungsbasierten Gate-Treibern. Optokoppler sind langsam, leistungshungrig und schwierig mit anderen Funktionen zu integrieren und sie bauen mit der Zeit ab. Im Gegensatz dazu bieten die digitalen iCoupler Isolatoren eine Alternative zu Optokopplern, indem sie On-Chip-Trafos mit hoher Bandbreite und detaillierte CMOS-Schaltungen kombinieren, die Zuverlässigkeit, Ausmaße, Leistungsverbrauch, Geschwindigkeit, Timing-Genauigkeit und einfache Anwendbarkeit für die Entwickler optimieren.

## Gate-Treiber mit iCoupler-Technik

Die iCoupler-Technik wurde vor einem Jahrzehnt entwickelt, um die Einschränkungen der Optokoppler aufzuheben. Die digitalen Isolatoren von ADI nutzen eine Dickfilm-Polyimid-Isolierung mit wenig mechanischem Stress, um die Tausende von Volt an Isolierung zu erreichen, die monolithisch mit Standard-Silizium-ICs integriert und in einkanaligen, mehrkanaligen und bidirektionalen Konfigurationen produziert werden können: 20  $\mu\text{m}$  an Polyimid-Isolierung verkräftet mehr als 5 kVrms. Die beiden ICs, die das Gate-Treiber-Portfolio von ADI repräsentieren, sind der ADuM4135, der isolierte High-End-Gate-Treiber für SiC-MOSFETs und der ADuM4121, eine schnelle, kompakte Lösung für hochdichte SiC- und GaN-Designs. Durch nutzen der bewährten iCoupler-Technik, bietet der isolierte Gate-Treiber ADuM4135 eine ganze Reihe von wichtigen Vorteilen in Hochspannungsanwendungen mit hohen Schaltgeschwindigkeiten.

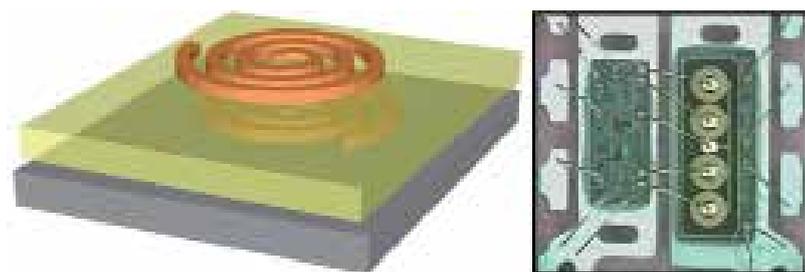


Abbildung 2: Eine iCoupler-Trafo-Wicklung auf einer Polyimid-Isolierlage

Der ADuM4135 ist wegen seiner hervorragenden Laufzeitverzögerung von besser als 50 ns mit einem Abgleich von Kanal zu Kanal von unter 5 ns, einer Gleichtaktschwankungsimmunität (CMTI) von besser als mehr als 100 kV/ $\mu$ s sowie der Fähigkeit in seiner gesamten Lebenszeit Betriebsspannungen von bis zu 1.500 V<sub>DC</sub> in einem einzigen Gehäuse zu unterstützen, die geeignete Wahl zum Treiben von SiC- und GaN-MOS. Der ADuM4135, in einem Wide-Body-SOIC-Gehäuse mit 16 Anschlüssen, enthält eine Miller-Clamp, um mit einer einzigen Versorgungsspannung ein robustes Ausschalten von SiC- und GaN-MOS oder IGBT zu liefern, wenn die Gate-Spannung unter 2 V abfällt. Ein Betrieb mit unipolaren oder bipolaren Sekundärstromversorgungen ist möglich. Integriert im ADuM4135 ist eine Entsättigungs-Erkennungsschaltung, die einen Schutz vor hoher Spannung bei kurzgeschlossenem Schalterbetrieb bietet.

### Betrieb trotz hohen Spannungen

Die Entsättigungserkennung enthält auch Rauschunterdrückungsfunktionen wie eine 300-ns-Maskierungszeit, nachdem ein Schaltereignis auf Maskenspannungsspitzen von einem erstmaligen Einschalten ausgelöst wurde. Eine interne 500- $\mu$ A-Stromquelle ermöglicht eine geringe Bauteilanzahl und der interne Ausblendeschalter erlaubt das Hinzufügen einer externen Stromquelle, wenn eine höhere Rauschimmunität nötig ist. Die sekundäre UVLO ist auf 11 V eingestellt, wobei übliche IGBT-Schwellwerte mit in Betrachtung gezogen werden. Für kompaktere und einfachere Topologien, wie etwa GaN basierte Halbbrücken, ist der isolierte Gate-Treiber ADuM4121 eine geeignete Lösung. Ebenfalls auf der digitalen iCoupler Isolation basierend, besitzt er die branchenweit geringste Laufzeitverzögerung von 38 ns, was wiederum die höchsten Schaltfrequenzen und eine Gleichtaktschwankungsimmunität von 150 kV/ $\mu$ s ermöglicht. Der ADuM4121 hat in einem Wide-Body-SOIC-Gehäuse mit acht Anschlüssen eine Isolation von 5 kV rms.

Ein wichtiger Aspekt beim Treiben von Siliziumkarbid- und Galliumnitrid-Schaltern ist ihr Betrieb mit hohen Spannungen

bei hohen Frequenzen. Unter solchen Bedingungen sollten keine induktiven parasitären Elemente toleriert werden. Die Entwicklungen müssen fein abgestimmt werden und besondere Sorgfalt sollte auf das Routing der Leiterplatten und definieren ihres Layouts gelegt werden.

### Multitaskendes System

Die Steuereinheiten des Systems, generell eine Kombination von MCUs, DSPs oder FPGAs, müssen mehrfache schnelle Regelschleifen parallel laufen lassen können und auch in der Lage sein, Sicherheitsfunktionen zu managen. Sie müssen Redundanz und eine große Anzahl unabhängiger PWM-Signale, A/D-Wandler und I/Os besitzen. Der Baustein ADSP-CM419F von Analog Devices erlaubt es den Entwicklern mit nur einem einzigen Mixed-Signal-Dual-Core-Prozessor, Wandlerysteme für hohe Leistungspegel, hohe Dichte, mit gemischten Schaltern und unterschiedlichen Leistungspegeln auf mehreren Ebenen parallel zu managen.

Der ADSP-CM419F basiert auf einem ARM-Cortex-M4-Prozessorkern mit einer Fließkommaeinheit, die mit Betriebsfrequenzen von bis zu 240 MHz arbeitet und einem ARM-Cortex-M0-Prozessorkern, der mit Betriebsfrequenzen von bis zu 100 MHz arbeitet. Das ermöglicht die Integration einer zweifachen Sicherheitsredundanz in lediglich einem einzigen Chip. Der Hauptprozessor ARM Cortex M4 integriert 160 KByte SRAM mit ECC, 1-Mbyte-Flash-Speicher mit ECC, Beschleuniger und Peripherie. Diese ist besonders für die Steuerung von Leistungswandlern optimiert und besitzt 24 unabhängige PWM und ein Analogmodul, das aus zwei 16-Bit-SAR-A/D-Wandlern, einem 14-Bit-A/D-Wandler auf dem Cortex-M0 und einem 12-Bit-D/A-Wandler besteht.

Der ADSP-CM419F arbeitet mit einer einzigen Betriebsspannung, generiert unter Einsatz internen Spannungsregler und einem externen Längstransistor seine eigenen internen Versorgungsspannungspegel. □

# DISTRIBUTION & DIENSTLEISTUNG

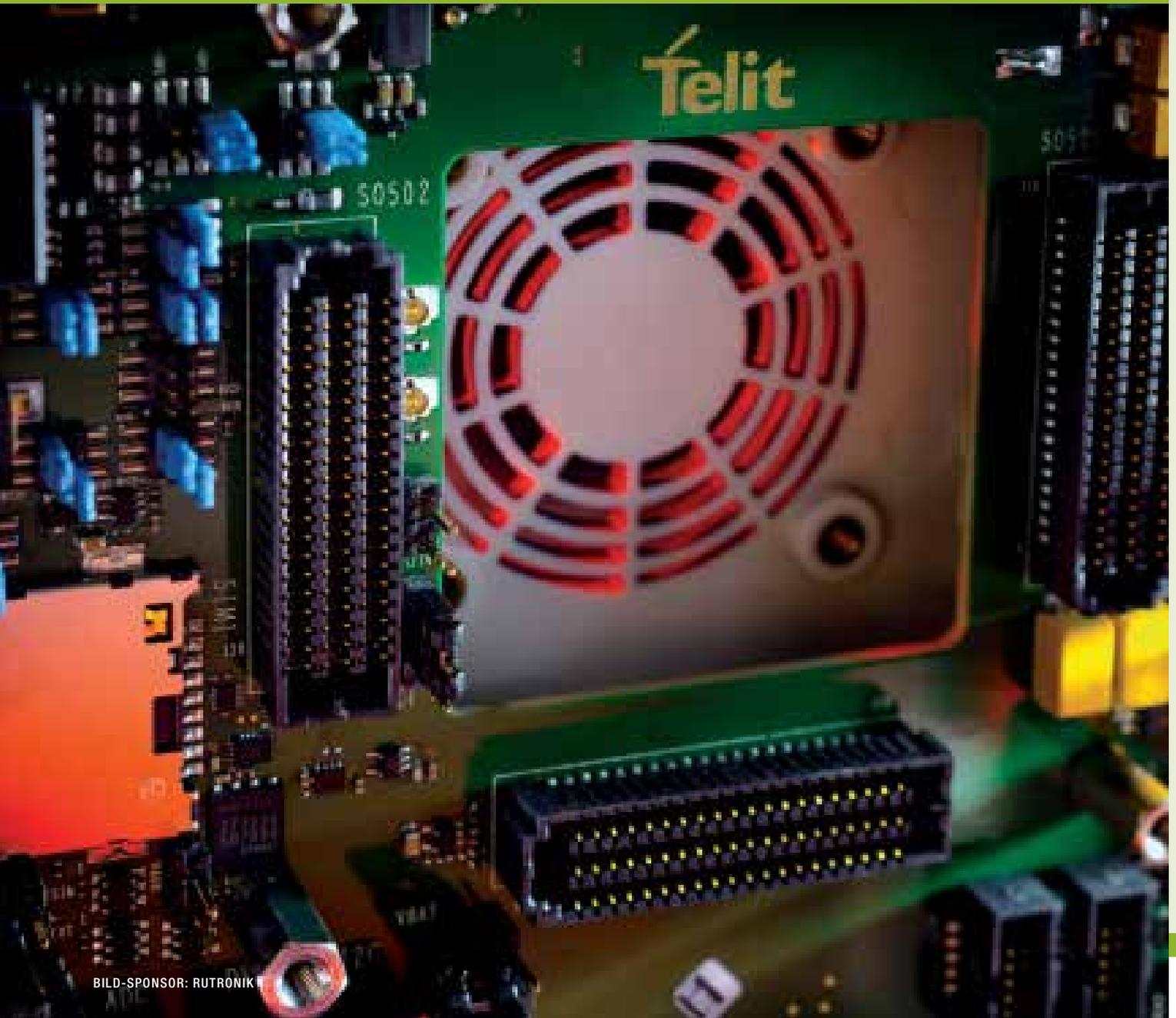


BILD-SPONSOR: RUTRONIK

**178 Im Rampenlicht**  
Rutronik

**180 Die Distribution muss sich neu erfinden**  
Bernd Hantsche, Rutronik

**181 Outsourcing: Die Make-or-Buy-Decision**  
Timo Gassauer, Semikron Elektronik

**184 Gutes Handling, Effiziente Fertigung**  
Jesper Rasmussen, Conrad Electronic

**186 Combined Equipment in Europa**  
Niklas Bulk, Phoenix Testlab

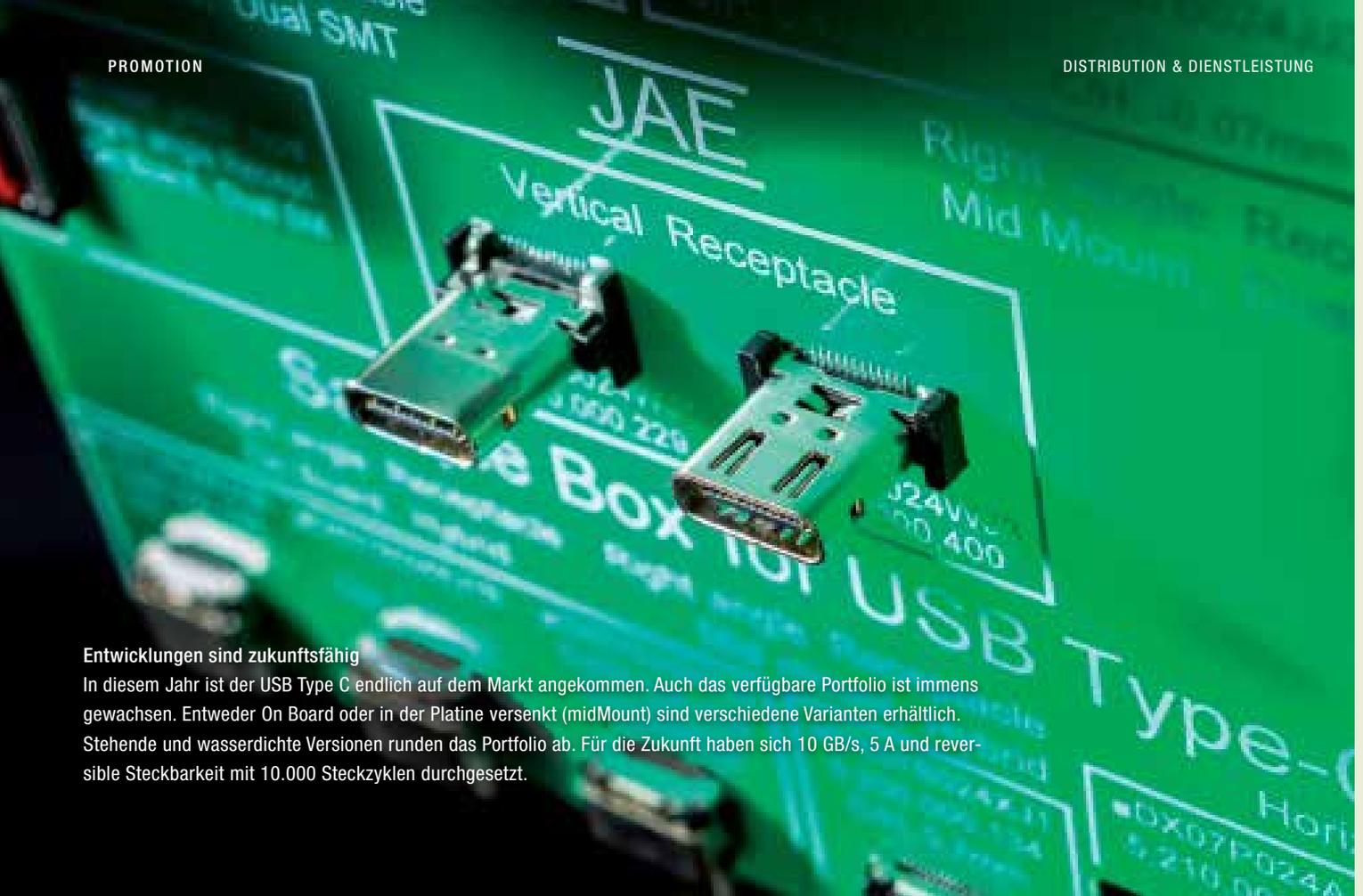
# IM RAMPENLICHT

Die Rapid-IoT-Entwicklungskits von Telit unterstützen Entwickler bei Projekten in den Bereichen Smart Metering, Security & Surveillance, Point of Sales, Health Monitoring, Fleet Management, Asset Tracking und Wearable Devices. Mit den Kits können komplette Anwendungen schnell und einfach aufgebaut werden. Das Anwendungsspektrum reicht von der Konfigurierung der cellularen Hardware-Module über die Entwicklung von Apps bis hin zu individuellen Dashboards auf der Telit-IoT-Cloud-Plattform.

TEXT: Rutronik BILDER: Dominik Gierke

## Breites Anwendungsspektrum

Die Rapid-IoT-Entwicklungskits von Telit vereinen das komplette Angebot des Herstellers auf einer Entwicklungsplatine. Dieses beinhaltet Cellulare Hardware-Lösungen von 2G über 3G bis hin zu neuesten LTE-Kategorien wie LTE-M und NB-IoT sowie GNSS-Kapazitäten. Aber auch verschiedene SIM-Karten-Technologien von der physikalischen SIM-Karte bis zur Embedded-SIM-Lösung mit unterschiedlichen Datentarifen und weltweitem Roaming. Komplementiert wird das Angebot mit der Telit-IoT-Cloud-Plattform. Einer individuell gestaltbare Cloud-Lösung mit Device-, Connectivity-, Daten- sowie System-Management-Funktionen. Die Rapid-IoT-Entwicklungskits bieten darüber hinaus Schnittstellen zu anderen offenen Hardware-Plattformen wie Raspberry Pi, Arduino sowie dem TI-Launchpad.



#### Entwicklungen sind zukunftsfähig

In diesem Jahr ist der USB Type C endlich auf dem Markt angekommen. Auch das verfügbare Portfolio ist immens gewachsen. Entweder On Board oder in der Platine versenkt (midMount) sind verschiedene Varianten erhältlich. Stehende und wasserdichte Versionen runden das Portfolio ab. Für die Zukunft haben sich 10 GB/s, 5 A und reversible Steckbarkeit mit 10.000 Steckzyklen durchgesetzt.



#### Kundenspezifische Steckverbinder

Einfache Modifizierungen, mit modularen Werkzeugen, an Steckverbindern vorzunehmen, ist zum Standard geworden. Durch den geringen Kostenaufwand sind die Hersteller flexibler geworden. Eine große Herausforderung sind jedoch die hochkomplexen Gehäuse, die durch ein Zwei-Komponenten-Spritzgussverfahren (2K Moulding) hergestellt werden. Die integrierten Bus Bars, Druckausgleichsmembranen und Pressfitkontakte ergänzen die Steckverbinder. Diese können, wenn die Abnahmemenge stimmt, in der weiteren Fertigung Geld sparen. Hier lohnt sich ein Kosten-Nutzen-Vergleich.

## DIE DISTRIBUTION MUSS SICH NEU ERFINDEN

**Aufgrund von disruptiven Technologien entstehen neuerdings gänzlich neue Mitspieler auf dem Markt. Die klassische Elektronik wird auf das Nötigste minimiert und die Cloud wird zum unabdingbaren Bestandteil. Diese Entwicklung erfordert ein komplettes Umdenken der Distributoren.**

Globalisierung, Produktverknappungen und ständige Gesetzesänderungen stellen derzeit die größten Herausforderungen an Distributoren. Hinzu kommt der technologische Wandel von einfachen Transistoren über Flip-Flops bis hin zu Prozessoren. Letztere sind inzwischen nicht nur leistungsstärker und energieeffizienter, sondern bringen auch mehr Peripherie mit sich. Inzwischen dürfen sich diese also zu recht System-On-Chips nennen.

Bislang konnte sich ein Distributor darauf verlassen, dass die Komponentenhersteller die Evolution mitmachen, oder gar selbst vorantreiben. Neuerdings entstehen aber aufgrund disruptiver Technologien ganz neue Mitspieler im Markt. Die klassische Elektronik wird auf das Nötigste minimiert, alles andere wird in die Cloud verlagert. Fand Elektronik bisher auf Siliziumbasis statt, treten jetzt biologische Start-ups auf und zeigen interessante Alternativen. Diese erfordern ein komplettes Umdenken. Was nun fehlt, ist die passende Innovation, um die neuen Ideen erfolgreich in den Markt einzuführen und so Nutzen zu stiften.

Bei den Neuheiten zeichnen sich schon jetzt sogenannte Big Trends ab. Einer davon ist die steigende Integrationsdichte bei System-On-Chips (SoC). Die neuste SoC-Generation ist winzig, beherrscht aber trotzdem sämtliche Wirelessstechnologien fast ohne externe Bauelemente. Da jeder Entwicklungsingenieur seinen Fokus auf einem anderen Feature eines SoCs hat, muss der Distributor das Know-how bündeln – und zwar stets auf dem aktuellen Stand hinsichtlich Updates und Revisionen.

Ein anderer Trend ist die Künstliche Intelligenz (KI). Diese macht inzwischen autonomes Fahren möglich und schreibt



**Bernd Hantsche**

Bereichsleiter  
Embedded & Wireless  
bei Rutronik

[bernd.hantsche@rutronik.com](mailto:bernd.hantsche@rutronik.com)

sogar Bücher. Es ist jedoch noch reichlich Luft für Weiterentwicklungen mit unzähligen Möglichkeiten für bestehende und neuartige Anwendungen. Die meisten Unternehmen müssen KI nutzen, um nicht irgendwann abgehängt zu werden. Viele Start-Ups haben eigene KI-ASICs entwickelt. Doch sind ihre Entwicklungen überhaupt für den Massenmarkt und somit für die Distribution interessant? Einige junge Unternehmen haben das bereits geschafft, manche von ihnen wurden bereits von Branchengrößen übernommen. Der Distributor hat also die Aufgabe, auch für diese komplexen ICs und ihre Einsatzmöglichkeiten die nötige Expertise aufzubauen.

Im Vergleich zur Hardware geht es bei der Software mit Siebenmeilenstiefeln voran. So gut wie jedes Gerät ist mit Konnektivität ausgestattet, um mit der Cloud zu kommunizieren. Mit steigenden Absätzen und somit steigendem Potential für Schwarm-Intelligenz, nimmt auch das Interesse der Gerätehersteller zu. Aber auch der Markt schreit nach Lösungen und Unternehmen kommen kaum hinterher, Programmierer und IT-Experten weiterzubilden oder neu zu rekrutieren. Auch an dieser Stelle besteht Bedarf nach Unterstützung, den Distributoren erfüllen sollten, wenn sie das Feld nicht anderen überlassen wollen.

Die Trends sorgen für starke Marktverwerfungen. Distributoren sehen sich im Wettbewerb zu ganz anderen Industriezweigen, wie Onlinehandelsriesen, Suchmaschinenbetreibern und Softwarehäusern. Noch ist offen, wer das Rennen macht, wenn es um künstliche Intelligenz, neuronale Netze oder Cloud-Services geht. Sicher ist: Distributoren, die im Feld bleiben wollen, müssen sich neu erfinden.

# OUTSOURCING: DIE MAKE-OR-BUY-DECISION

Die Märkte entwickeln sich zurzeit rapide, Produktlebenszyklen verkürzen sich, der Kostendruck steigt. Um weiter profitabel agieren zu können, müssen Unternehmen Entwicklungszeiten verkürzen, Kosten schneller amortisieren und ihre Produktionen schneller etablieren. Eine Make-or-Buy-Entscheidung kann zum Erfolg beitragen.

TEXT: Timo Gassauer, Semikron Elektronik BILDER: Semikron Elektronik

In der Industrie sehen wir bisher Entwicklungszyklen für eine neue Generation von Wechselrichtern von durchschnittlich zwei Jahren. Diese vergleichsweise lange Dauer ist getrieben von einer traditionell hohen Entwicklungs- und Fertigungstiefe, die viel Know-How und Ressourcen bindet. Die Leistungselektronik, bestehend aus einem Leistungsmodul mit Luft- oder Wasserkühlung, einer Gateansteuerung, Sensorik sowie eines DC Zwischenkreises, umfasst hierbei einen Großteil des Aufwandes. Ein massiver Einsatz von Entwicklungsressourcen erlaubt oftmals nur eine serielle Entwicklung von Produkten.

Betrachtet man jedoch die veränderten Bedingungen in Form der heutigen Marktdynamik, erhöht eine solch zeitintensive Herangehensweise das Risiko teurer Fehlentwicklungen. Make-or-Buy-Entscheidungen können helfen, vor allem in hochdynamischen Märkten erfolgreich zu sein. Dabei bringt das Auslagern der Entwicklung und Produktion von leistungselektronischen Baugruppen viele Vorteile: Schnelle Amortisation von Investitionen und die Nutzung von flexiblen und globalen Produktionsstätten werden ergänzt durch niedrige Produktlebenskosten sowie die Nutzung von branchenübergreifenden, langjährigen Kompetenzen in der Leistungselektronik. Diese Effekte helfen schließlich, die mit dynamischen Marktentwicklungen einhergehenden Risiken zu senken.

## Schnelle Amortisation von Investitionen

Time to market spielt ferner eine wichtige Rolle in Wachstumsmärkten, in denen eine schnelle Reaktion sowie schnelle

Produktfreigabe für den Erfolg unerlässlich ist. Generell binden Produktneuentwicklungen ein hohes Maß an Ressourcen, vor allem in Form von benötigter Zeit, um das Produkt entsprechend den Marktanforderungen fertig zu stellen.

## Geringes Risiko und wenig Kosten

Im Gegensatz dazu kann das Zurückgreifen auf vorhandene Baugruppen oder die Nutzung ausgelagerter Entwicklungen Unternehmen dazu verhelfen, schnell auf wechselnde Marktanforderungen zu reagieren. Zur Positionierung als wichtiger Marktteilnehmer und zum Sammeln von Kundenerfahrung kann ein Unternehmen ein Produkt, das die minimalen Produkthanforderungen trifft, mit einer solch flexiblen Herangehensweise in kürzester Zeit auf den Markt bringen. Die gewonnenen Informationen fließen dann direkt in die Weiterentwicklung des Produktes ein und sorgen für eine frühe und kontinuierliche Produktverbesserung. Als Ergebnis profitiert das Unternehmen von einem geringeren Risiko hinsichtlich Produktfehlerentwicklungen und erspart sich damit im Zweifelsfall hohe Kosten.

Schnelle Marktteilnahme bei geringen Investitionen garantieren ebenso eine höhere Marge: Wenn sich der Wettbewerb erst mal intensiviert und die Preise sowie Margen drastisch sinken, wird der Markt unattraktiver und Innovationen fokussieren sich auf die Prozessoptimierung, um Kosten zu senken. Wird ein Produkt aber durch das Time-to-Market-Prinzip bereits frühzeitig auf dem Markt etabliert, können die Kosten schneller amortisiert und im Laufe des gesamten Produktle-



Abbildung 1: Die leistungselektronische Baugruppe Semikube

benszyklus höhere Gewinne eingefahren werden. Eine zu späte Markteinführung zwingt den Hersteller in die Defensive und sorgt für höheren Kostendruck. Allgemein gesprochen bringt eine hohe Marktdynamik in einem globalen Wettbewerb kürzere Produktlebenszyklen mit sich und somit einen kürzeren Zeitraum, um die Kosten wieder einzufahren.

### Nutzung flexibler und globaler Produktionsstätten

In der globalisierten Welt haben sich Transportkosten immer weiter reduziert und somit den internationalen Handel und Warenverkehr vergünstigt. Ein regionaler Produktionsstandort konnte daher weltweit die Märkte beliefern. Zurzeit erleben wir jedoch wieder einen Anstieg von Transportkosten sowie steigende Zölle und Handelshemmnisse. Um am globalen Markt teilzunehmen und wettbewerbsfähig zu sein, muss meist vor Ort produziert werden um lokale Anforderungen zu erfüllen.

In dynamischen Märkten herrscht oftmals auch schwankende Nachfrage, was elastische Kapazitäten erfordert, die seitens des Herstellers entweder vorge-

halten oder kurzfristig geschaffen werden müssen. Für kleine und mittlere Unternehmen lohnt es sich daher oftmals nicht mehr, eigene Produktionsstätten zu unterhalten. Eine Auslagerung der Fertigung hilft also nicht nur, vor Ort zu produzieren, sondern auch Zölle zu vermeiden sowie die Kommunikation vor Ort kurz und effektiv zu halten.

### Niedrige Produktlebenskosten

Bevor ein industrialisiertes Produkt in die Serienreife geht, umfasst der Produktlebenszyklus einer leistungselektronischen Baugruppe zu Beginn das Design und die Entwicklung, sowie die Produktqualifikation. Dazu gehören die Simulation, Design, Prototypenaufbau sowie weitreichende Qualifikationstests innerhalb des Aufbaus. Diese Entwicklung kann bis zu 24 Monate in Anspruch nehmen und, selbst für vermeintlich einfache Designs, Kosten in sechs- oder siebenstelliger Höhe erzeugen. Hinzu kommt, dass die Erstellung des Designs vorerst eine genaue Planung von Zulieferbauteilen benötigt und die Auswahl und Qualifikation von Zulieferern als wichtiger Bestandteil einen nicht zu unterschätzenden Aufwand darstellt. Leistungselektronische Baugruppen be-

stehen aus bis zu 500 Einzelbauteilen von vielen unterschiedlichen Lieferanten. Ohne eine Bauteilqualifikation und Zuliefervalidierung kann das Risiko für spätere Feldausfälle sowie für weitere, versteckte Kosten steigen. Heute wird oft eine Second-Source-Strategie vorgegeben um das Risiko eines Lieferantenausfalls zu minimieren. Das jedoch bedeutet weitere Kosten und Aufwand. So wenige Bauteile wie möglich zu managen, um die Kosten und das Risiko für die Materialbeschaffung unter Kontrolle zu halten, kann daher von Vorteil sein und eine Auslagerung der Produktion weitere positive Effekte schaffen.

### Ersparnis von über 20 Prozent

Unter Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus ergeben sich also große Einsparpotentiale bei einer Entscheidung für buy anstelle von make. Beispielsweise führt die reine Kostenbetrachtung für eine Stückzahl von etwa 100 bis 200 Baugruppen pro Jahr zu einer Ersparnis von mehr als 20 Prozent. Hinzu kommt das reduzierte Risiko von späteren Feldausfällen und eine schnelle Verfügbarkeit. Ebenso erlaubt die Auslagerung der Hardwareentwicklung und -produktion eine Fokussierung auf die



Abbildung 2: Systemintegration von leistungselektronischen Baugruppen in der Praxis

Kernkompetenz und Differenzierungsmerkmale im Vergleich zur Konkurrenz.

### Branchenübergreifende Kompetenz nutzen

Um nicht bei jeder Neuentwicklung das Rad neu zu erfinden, lohnt es sich auch andere Applikationen zu betrachten. Oftmals wurden neue Materialien, Topologien und Designs bereits in anderen Applikationen getestet und Erfahrungen gesammelt.

Semikron zum Beispiel, besitzt umfassende Erfahrungswerte im Design von leistungselektronischen Baugruppen in allen relevanten elektronischen Applikationsfeldern. Das Zusammenspiel von neuen Technologien, wie zum Beispiel den Wide-Band-Gap-Materialien, neuen Topologien wie 3-Level und neuen Verbindungstechniken, sorgen für eine Balance von Preis und Performance im kundenspezifischen Design.

### Mehr als 100.000 Baugruppen

Das Ergebnis dieser Betrachtung zeigt, dass mit einer Auslagerung von der Entwicklung und Produktion leistungselektronischer Baugruppen in schnell

wachsende Märkten, viele Vorteile einhergehen. Bei voller Kostenkontrolle über den gesamten Produktlebenszyklus können Kosten von mehr als 20 Prozent gespart werden, gleichzeitig sinkt das Risiko von Entwicklungsfehlschlägen. Mit mehr als 100.000 Baugruppen im Feld ist Semikron der Marktführer für leistungselektronische Designs.

In seinen weltweit fünf Stack-Centern bietet Semikron standard- sowie kundenspezifische Designs um seinen Kunden einen schnellen Marktzugang zu ermöglichen. Leistungselektronische Baugruppen von Semikron richten sich an Unternehmen, die sich geänderten Anforderungen im Markt gegenübersehen und unter Kosten- und Zeitdruck leiden.

Das betrifft vor allem Firmen, die sich fokussieren wollen und mit einem kompetenten Partner in der Leistungselektronik den zukünftigen Herausforderungen in der Entwicklung und Produktion von Wechselrichter entgegenzutreten möchten.

Weitere Informationen zu Semikron Elektronik finden Sie im Business-Profil auf Seite 44.



25 Jahre Kompetenz in:

**Beraten.  
Prüfen.  
Zertifizieren.**

Akkreditiertes und unabhängiges Prüf- und Zertifizierungsinstitut.

- EMV
- Umweltsimulation
- Funk
- elektrische Sicherheit
- weltweite Zulassungen
- Seminare

*Bei den nächsten Tests unbedingt anfragen!*

Tel: 05235 / 9500-0

Mail: [office@phoenix-testlab.de](mailto:office@phoenix-testlab.de)

## GUTES HANDLING, EFFIZIENTE FERTIGUNG

In der Entwicklung gibt es hunderte Entscheidungen, die getroffen werden müssen und zahlreiche zusammenhängende Herausforderungen ergeben. Entwickler müssen nicht nur die Fertigung und Montage einbeziehen, sondern auch das Design der Leiterplatte und die Ästhetik des Designs. Hilfreich ist dabei ein Design-for-Manufacturing-Prozess (DFM-Prozess), der die verschiedenen Schritte des Entwicklungsteams dokumentiert.

**TEXT:** Jesper Rasmussen, Conrad Electronic **BILD:** Conrad Electronic

Unabhängig davon, wie umfassend Sie Ihre DFM-Abläufe gestalten, Tatsache ist, dass die anspruchsvollsten und teuersten Produkte immer noch auf elektronische Bauelemente angewiesen sind. Egal, was ein Bauteil kostet, ob 10 Euro oder nur wenige Cent, sobald es fehlt, kann die Produktion nicht beginnen. Das führt zu weiteren Komplikationen, da Fertigungsabläufe unterbrochen werden, sich der Markteintritt verzögert und der Gewinn sich schmälert. Unterbrechungen der Lieferkette und Verzögerungen aufgrund von Bauteilknappheit und Lieferzuweisungen (Allokation) können die Situation zusätzlich verschärfen. Was sollte ein Hersteller angesichts solcher möglicher Probleme tun, um sicherzustellen, dass die Risiken, die durch solche Schwachstellen entstehen, auf ein Minimum reduziert oder vollständig beseitigt werden?

### Schwachstellen beseitigen

Zuallererst sollte das Verhalten des Entwicklungsteams während der Entwicklungsphase geändert werden. Ein gründlicherer Ansatz für die Auswahl der Bauelemente wäre ein guter Anfang. Falls erforderlich käme noch eine formelle Designprüfung für das fertige Design vor der Freigabe hinzu. Einige Bauteile sind jederzeit erhältlich, wie beispielsweise mehrschichtige Keramikkondensatoren (MLCCs), und können über mehrere Quellen bezogen werden. Aber andere Kondensatorarten, wie Tantal- oder auf Edelmetall basierende Kondensatoren, weisen bereits und werden voraussichtlich

weiterhin Lieferprobleme mit sich bringen. Deshalb müssen MLCC-Hersteller kontinuierlich in neue Produktionsanlagen investieren, um der wachsenden Nachfrage gerecht zu werden. Wenn Bauteile identifiziert werden, die möglicherweise ein Risiko darstellen, sollte geprüft werden, ob Ersatzprodukte zur Verfügung stehen und ob sich die möglichen Auswirkungen auf ein alternatives Produkt ändern – sowohl in Bezug auf das technische Design als auch auf die Stückliste und den Platzbedarf der Leiterplatte. Es ist auch wichtig, verschiedene Bauteilgehäuse und ihre spezifischen Parameter wie Betriebsspannung, Toleranz und Betriebstemperatur zu betrachten, da leichter erhältliche Alternativen zur Verfügung stehen können, die keine Platinen- oder Designänderungen erfordern. Ein anderer Ansatz, den einige Kunden verfolgen, ist die absichtliche Überspezifizierung von Bauelementen, um eine höhere Zuverlässigkeit und Leistung zu erzielen – wofür auch höhere Kosten in Kauf genommen werden. Dies ist etwa bei Automotive-qualifizierten AEC-Q200-Bauteilen in kommerziellen Designs der Fall.

### Das A und O der Lieferkette

Wichtig für Entwickler und deren Kollegen in der Lieferkette ist es, eng mit ihren Zulieferern zusammenzuarbeiten, damit sie die Hersteller über mögliche Lieferprobleme auf dem Laufenden halten können. Insbesondere Distributoren haben einen guten Überblick, wenn es darum geht, Bauteile für ein



Abbildung 1: Eine gute Handhabung ist unabdingbar, denn Verzögerungen durch Bauteilknappheit und Probleme bei Lieferzuweisungen können sehr teuer werden.

komplettes Design zu verwalten und zu beschaffen. Sind die Bauteilanforderungen und -termine eines Herstellers bekannt, kann eine optimale Zusammenarbeit mit dem Line-Card-Lieferanten erfolgen, um Lieferungen zu planen und abzusichern. Distributoren sind auch am besten in der Lage, Lieferengpässe und Allokationen zu erkennen und in Angriff zu nehmen, sobald sie auftreten. Die Versuchung für den Hersteller, der sich mit möglichen Allokationsproblemen auskennt, besteht dar-

in, Bestellungen bei mehreren Lieferanten zu platzieren. Dies verkompliziert allerdings die Angebotsplanung bei allen Beteiligten. Dieser Ansatz erzeugt einen falschen Eindruck von Bauteilanforderungen, was möglicherweise zu noch strengeren Allokationsverläufen führt.

Weitere Informationen zu Conrad Electronic finden Sie im Business-Profil auf Seite 19.

**MES**  
THE CONNECTING

WWW.MES-ELECTRONIC.DE

**Verbindungen,  
die uns unabhängig machen.**

Weil Steckverbindingssysteme von MES nicht nur in Hauskraftwerken gebraucht werden, sondern an ganz vielen Orten, wo Menschen sich zuhause fühlen.

**Kabelkonfektion mit JST-Baureihe FAH**

## COMBINED EQUIPMENT IN EUROPA

Der Verbrauch des Datenvolumens in Deutschland stieg in den Jahren 2011 bis 2016 von 6,1 auf 29 Milliarden GB an. Zurückzuführen ist dieser Zuwachs nicht nur auf den erhöhten Datenverbrauch der Privathaushalte, sondern maßgeblich auf die Vernetzung einzelner Endgeräte. Treiber dieser Entwicklung sind Automatisierungsmaßnahmen und M2M-Kommunikation im Rahmen von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge.

**TEXT:** Niklas Bulk, Phoenix Testlab **BILDER:** Phoenix Testlab

In dieser Statistik ausgenommen ist die lokale Kommunikation zwischen einzelnen Endgeräten. Auch dieser Anteil wächst, denn immer mehr Endprodukte kommunizieren drahtlos mit dem Endverbraucher. Dieses Wachstum ist auch bei Phoenix Testlab merkbar, die Anzahl der angefragten Prüfungen nimmt Jahr für Jahr zu.

Mit der Umstellung auf die neue europäische Funkanlagenrichtlinie im Juni 2016, stehen nun viele Hersteller vor der Herausforderung, die Kombination aus Funkbaugruppe und einer elektronischen Baugruppe für konform zu erklären. Sie wollen sicherstellen, dass eine erfolgreiche Markteinführung durchgeführt werden kann. Weiterhin vermeiden diese Maßnahmen Folgekosten und mögliche Verbote durch die Marktaufsichtsbehörde. Der nachfolgende Artikel erklärt, wie die Bewertung eines solchen Endgerätes aussehen kann und welche Unterschiede zwischen den einzelnen Kombinationen existieren. Grundlegend für diesen Artikel wurde der ETSI Guide 203 367V1.1.1 verwendet. Die Normenreihe ETSI EN 303 446 behandelt das Zusammenspiel zwischen den einzelnen Richtlinien und verweist auf weitere Normen. Der Part 1 beschäftigt sich dabei mit den Anforderungen im Wohnbereich, kommerziellen und im leichten industriellen Umfeld. Weiter deckt der Part 2 das schwere industrielle Umfeld ab.

### Szenario 1: Integration einer Funkbaugruppe nach Herstellerangaben I

Bei der Integration einer Funkbaugruppe nach Herstellerangaben können die elektrische Baugruppe und die Funkbaugruppe unabhängig voneinander auf dem europäischen Markt platziert worden sein. Beide Baugruppen sind eigenständig und unabhängig, die Verbindung muss einfach erreichbar und leicht trennbar sein. In diesem Fall ist bei den Herstellerangaben nicht nur die Rede von Versorgungsspannung und Ausgangsbeschaltung, son-

dern auch von Umgebungstemperatur und Antennenauswahl. Als Beispiel kann ein USB-Bluetooth-Dongle für einen Laptop aufgeführt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Dongle einfach erreichbar und trennbar ist.

Diese Kombination wird als Combined Equipment im Sinne der Richtlinie verstanden. Da beide Geräte unabhängig voneinander auf dem europäischen Markt platziert werden können, müssen beide Geräte gemäß der korrekten Richtlinie für konform erklärt worden sein. Bezogen auf das oben genannte Beispiel bedeutet das: Der Laptop wird nach EMV-Richtlinie und der Bluetooth-Dongle nach Funkanlagenrichtlinie für konform erklärt. Des Weiteren empfiehlt die Europäische Kommission, dass die Kombination aus beiden ebenfalls überprüft werden sollte. Der Endgerätehersteller bestätigt dabei, dass dieser die Funkbaugruppe korrekt in sein Endprodukt integriert hat.

Die Verantwortung für das Endgerät trägt der Hersteller. Durch den Kombinationstest kann der Hersteller des Endgerätes jedoch sicherstellen, dass dieser die Integration korrekt abgeschlossen hat. Kommt es zur Marktüberwachung kann der Endgerätehersteller die Verantwortung dann weiter an den Hersteller der Funkbaugruppe geben, sollte diese Baugruppe die Störung verursachen.

### Szenario 2: Integration einer Funkbaugruppe nach Herstellerangaben II

In diesem Szenario wird wieder eine Funkbaugruppe nach Herstellerangaben in die elektrische Komponente integriert. Dieses Szenario unterscheidet sich in der Trennbarkeit der beiden Baugruppen. Wird für die Trennung der beiden Baugruppen ein Werkzeug benötigt, findet dieses Szenario Anwendung. Dabei können beide Baugruppen wieder unabhängig voneinander auf

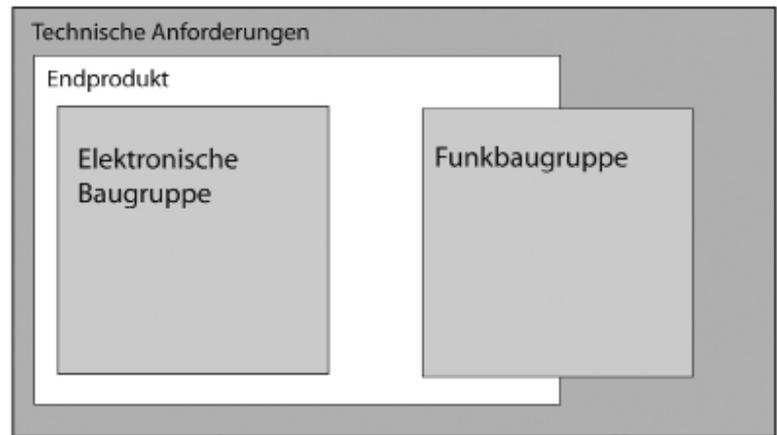


Abbildung 1: Die Integration einer Funkbaugruppe unter Beachtung der Herstellerangaben I

dem europäischen Markt platziert worden sein. Die Integration einer Funkbaugruppe auf Modulebene kann hier als Beispiel gegeben werden, sofern der Integrator sich an die Herstellerangaben hält. Die europäische Kommission spricht hier nicht von einem Combined Equipment im Sinne der Richtlinie, sondern über ein vollständig neues Produkt mit Funkbaugruppe. Wirkt dieser

Anwendungsfall, so muss die volle Konformität nach Funkanlagenrichtlinie erlangt werden. Ein Kombinationstest der beiden Baugruppen reicht dabei nicht aus. Dennoch kann eine vorzertifizierte Funkbaugruppe den Prüfaufwand reduzieren. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass durch eine Integration lediglich die gestrahlten Emissionen verändert werden können.

## Leiterplatten im PCB-POOL®

**Kostenlose SMD-Schablone**  
zu jeder PCB-POOL®-Bestellung



**Bestückung**  
49 SMDs, 5 THTs, 12 AT,  
**€ 239,<sup>07</sup>\*** (Preisbeispiel)

**PCB, 100 x 40 mm, 2-lagig, 6 AT**  
**€ 69,<sup>68</sup>\*** (Preisbeispiel)

\* excl. Bauteile, inkl. MwSt., zzgl. Versandkosten UPS Standard (D) € 6,90

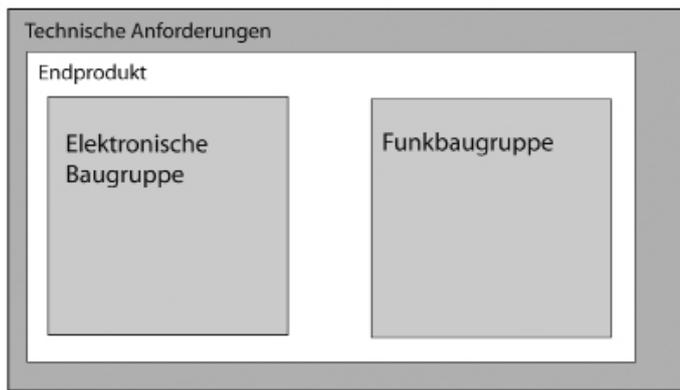


Abbildung 2: Integration einer Funkbaugruppe unter Beachtung der Herstellerangaben II

Bei der korrekten Integration nach Herstellerangaben ist davon auszugehen, dass sich beispielsweise die Frequenzstabilität nicht verändert.

Durch die untrennbare Verbindung der Baugruppen übernimmt der Hersteller des Endgerätes auch die Verantwortung für die Funkbaugruppe. In diesem Fall sollte unbedingt darauf geachtet werden, alle notwendigen Unterlagen der Funkbaugruppe vom Hersteller der Funkbaugruppe zu bekommen. Das erleichtert den Nachweis der Konformität enorm. Darunter zählen unter anderem Dokumente, die zur Konformität beitragen, wie etwa Prüfberichte, Schaltpläne, technische Beschreibungen oder Illustrationen. Im Idealfall stellt Ihnen der Hersteller der Funkbaugruppe das Technical Creation File (TCF) zur Verfügung.

### Szenario 3: Integration einer Funkbaugruppe ohne Beachtung der Herstellerangaben

Das letzte Szenario setzt sich mit der Integration einer Funkbaugruppe auseinander, welche nicht nach Herstellerangaben verbaut werden kann. Diese beziehen sich nicht nur auf die elektrischen Parameter wie Versorgungsspannung oder ähnliche, sondern auch auf die Betriebsumgebung, wie Temperatur oder vorgegebenes Antennendesign. Beide Baugruppen können unabhängig auf dem europäischen Markt platziert worden sein. Diese können ebenfalls eigenständig sein.

Auch hier sagt die europäische Kommission, dass es sich nicht um ein Combined Equipment im Sinne der Funkanlagenrichtlinie handelt. Es muss die volle Konformität nach Funkanlagenrichtlinie erklärt werden. In diesem Szenario muss der Prüfumfang im Einzelfall betrachtet werden. Weicht beispielsweise das Antennendesign ab, wäre es ausreichend, wenn die gestrahlten Parameter überprüft werden. Weicht jedoch die Betriebstemperatur ab, so kann es notwendig sein auch die leitungsgeführten Parameter zu überprüfen. Hier obliegt die Verantwortung gegenüber der Aufsichtsbehörde voll und ganz bei dem Hersteller des Endgerätes. Sollte dieser sich nicht an die Herstellerangaben

gehalten haben, kann er sich nicht unbedingt auf die Konformitätserklärung der Funkbaugruppe beziehen. Die Änderungen der Funkbaugruppe können große Einflüsse auf die Eigenschaften der leitungsgeführten oder gestrahlten Emissionen haben. Der Hersteller des Endgerätes muss zwingend eine neues TCF für das Endgerät, inklusive Funkbaugruppe, erstellen.

### Vielen Faktoren geben den Weg vor

Eine pauschale Aussage für die Bewertung der Konformität eines Combined Equipment ist demnach nicht möglich. Viele Faktoren entscheiden welcher Weg gewählt werden kann. Hersteller sollten vor dem Kauf einer Funkbaugruppe folgende Fragen beantworten können:

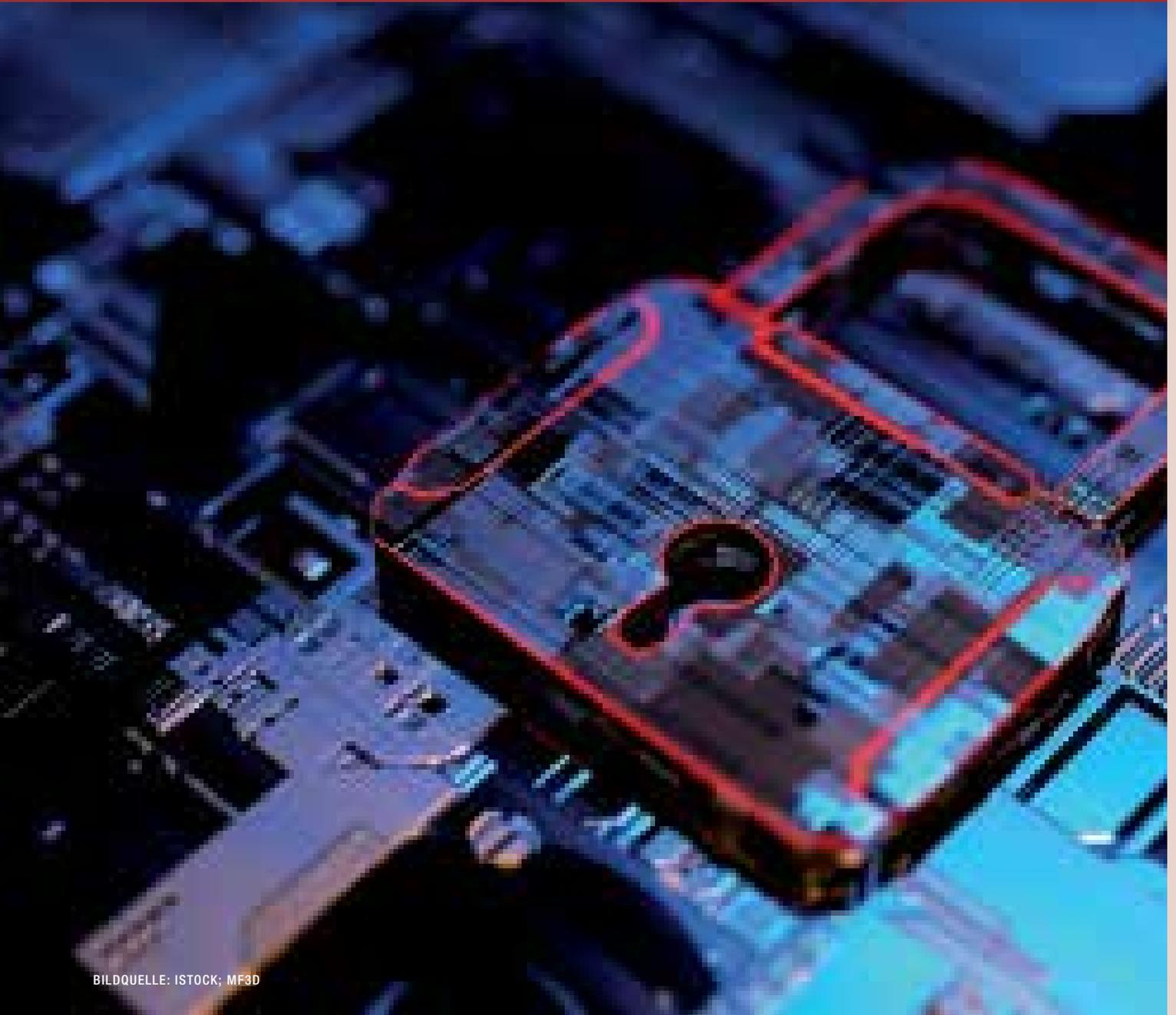
- ▶ Ist die Funkbaugruppe nach Herstellerangaben verbaut?
- ▶ Ist die technische Anforderung der Funkbaugruppe gleich dem des Endproduktes?
- ▶ Ist die Funkbaugruppe leicht erreichbar?
- ▶ Ist die Funkbaugruppe leicht vom Endgerät zu trennen?

Es ist für Hersteller eines Combined Equipment unvermeidbar, sich auch mit der Funkanlagenrichtlinie auseinanderzusetzen um die Konformität des Endgerätes bewerten zu können. Zudem sollte man für die Funkbaugruppe nur Lieferanten auswählen, die eine gute Unterstützung - in Form von Einbauanweisungen und Produktinformationen - gewährleisten.

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass Prüfdienstleister auf dem Weg zur Konformität empfehlend zur Seite stehen können, jedoch nicht in der Lage sind eine exakte Prüfplanung für das Endgerät durchzuführen. Der Hersteller kennt das Endprodukt deutlich besser, als es im Datenblatt oder in der technischen Beschreibung dokumentiert ist. Hersteller sollten sich Gedanken zur Konformität des Endgerätes machen, bevor Sie dieses auf dem Markt vertreiben wollen.

Weitere Informationen zu Phoenix Testlab finden Sie im Business-Profil auf Seite 39.

# SOFTWARE & SECURITY



BILDQUELLE: ISTOCK; MF3D

**190 Schluss mit Buffer Overruns**  
Mark Hermeling, Grammatech

---

**193 Hoher Schutz dank Verschlüsselung**  
Bernd Hantsche, Rutronik

---

**195 Sicher booten und kommunizieren**  
Hubertus Grobbel, Swissbit

---

**198 Mehr Sicherheit mit Security-by-Design**  
Bernd Fuhlert, @-yet

---

# SCHLUSS MIT BUFFER OVERRUNS

In so gut wie jeder Software sind Buffer Overruns im Überfluss vorhanden, sowohl im Enterprise- als auch im Embedded-Bereich. Daraus ergeben sich ernsthafte Sicherheitsprobleme. Denn jedes System ist nur so sicher wie sein schwächstes Element. Dieses zentrale Einfallstor für Angreifer muss geschlossen werden. Dafür sind neue Ansätze erforderlich.

TEXT: Mark Hermeling, Grammatech BILDER: Grammatech

Die statische Analyse ist bereits seit Jahrzehnten ein Standardwerkzeug in der Software-Entwicklung. Diese Technologie analysiert Quellcode, ohne ihn auszuführen. Sie kann also bereits sehr früh innerhalb des Software Development Lifecycle (SDLC) eingesetzt werden – lange bevor dynamische Testverfahren möglich sind. Mit Hilfe der statischen Analyse lassen sich auf relativ einfachem Weg schwerwiegende Programmierfehler wie Buffer Overruns oder Null Pointer Dereferences aufdecken, die zu Sicherheitslücken führen. Zahlreiche Branchenstandards raten deswegen zum Einsatz der statischen Analyse, bei manchen ist diese Methode vorgeschrieben.

Auch wenn Tools zur statischen Analyse in den vergangenen Jahren eine bemerkenswerte Entwicklung durchlaufen haben, sind sie nicht perfekt. Fälschlicherweise gemeldete Fehler, wo keine sind (False Positives) und übersehene Programmierfehler (False Negatives) sind vor allem bei umfangreichen Programmen noch immer unvermeidbar. Besonders manche Formen von Buffer Overruns sind für die statische Analyse schwer zu entdecken. Allerdings gibt es Ansätze, wie Buffer Overruns dynamisch zur Laufzeit erkannt werden können.

## Die Grenzen der Buffer-Overrun-Erkennung

In der einfachsten Form werden bei einem Buffer Overrun Daten nach dem Ende eines Objekts im Speicher geschrieben oder gelesen. Das kann bei verschiedenen Programmiersprachen passieren, darunter die sehr weit verbreiteten Sprachen C und C++. Ein einfacher Buffer Overrun sieht etwa folgendermaßen aus:

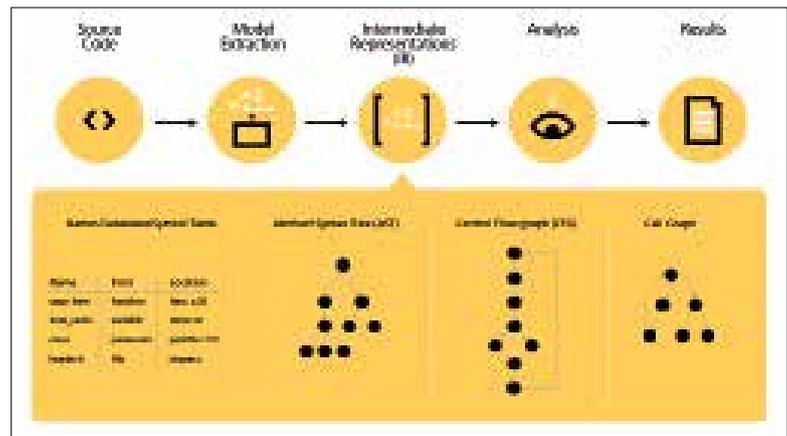
```
char buf[10];
-
buf[10] = 'a';
```

Hier wird Speicher für ein Array von zehn Zeichen alloziert, der Zugriff erfolgt dann auf den elften Index des Arrays. Das Ergebnis dieses Zugriffs ist nicht definiert. In den meisten Fällen wird das Zeichen a in irgendeinen Speicherbereich neben dem Puffer geschrieben und der vorherige Inhalt dabei überschrieben. Derartige Fehler lassen sich mit der statischen Analyse einfach aufspüren, denn der Index-Wert ist hart kodiert. Im echten Leben jedoch sind die Indexe meist nicht hart kodiert, sondern stammen von unterschiedlichen Quellen wie Anwendereingaben, Dateien, zufälligen Variablen und dergleichen. In vielen Fällen ist das für die Analyse-Tools nur schwer nachzuvollziehen. Ob etwa ein Buffer Overrun im folgenden Beispiel auftritt, hängt vom Wert des Strings ab, auf den die Variable verweist:

```
int i;
char * s;
s = (char *) malloc(100);
-
i=0;
while (s[i] != '\0')
    i++;
```

Der Wert dieser Variable kann aus jeder denkbaren Quelle stammen. Das Analyse-Tool kann das oftmals allerdings nicht nachvollziehen. Was ein Tool zur statischen Analyse in diesem Fall jedoch machen kann, ist eine Warnung ausgeben, dass eine bestimmte Variable aus einer verdächtigen Quelle befüllt wird. Das Tool kann weiterhin darauf hinweisen, dass sie nicht hinreichend auf Fehlerfreiheit oder verdächtige Werte hin überprüft wird. Eine verdächtige Quelle ist zum Beispiel die Eingabe eines Benutzers, über die die statische Analyse keine Annahme treffen kann.

Abbildung 1: Da der Code anhand eines Modells analysiert und nicht ausgeführt wird, erreicht die statische Analyse auch Code-Teile, die von dynamischen Methoden nicht untersucht werden können.



Im Gegensatz zur statischen Analyse wird beim Testing der Code ausgeführt und auf seine funktionale Korrektheit überprüft – also ob ein bestimmter Input den erwarteten Effekt nach sich zieht. Dieser Effekt kann sowohl eine Ausgabe sein als auch eine Änderung des Systemzustands. Allerdings geschieht es beim Testing leicht, dass Zustandsverletzungen durch Buffer Overflows unerkannt bleiben. Dafür gibt es zwei Gründe:

- ▶ Das Problem tritt nur in seltenen Randbereichen des Testings auf
- ▶ Die Zustandsverletzung als solche bleibt unerkannt

## Funktionales Testing

Punkt 1 lässt sich durch intensives Testing lösen, das auch die Auswirkungen von fehlerhaftem Input und ungültigen Werten untersucht. Beim zweiten Aspekt wird es schwieriger. Testing-Werkzeuge sind nicht dafür gedacht, Zustandsverletzungen direkt zu entdecken. Unter Umständen werden auch die einfachsten Buffer Overruns nicht erkannt, solange das Überschreiben des Puffers nicht zu einer falschen Ausgabe oder einem Programmabbruch führt. Um Zustandsverletzungen während der Testphase zu finden, müssen die Speicheralkationen überwacht werden. Auch sollten so genannte „Canaries“ – Kanarienvögel als Anspielung auf die frühere Sitte im Bergbau, den Sauerstoffgehalt der Luft mittels dieser Tiere zu überwachen – um die entsprechenden Speicherbereiche herum gesetzt werden und dergleichen mehr. Auch für diese Aufgaben gibt es zahlreiche Werkzeuge, jedes Tool hat dabei seine eigenen Vor- und Nachteile. Sie überwachen den Speicherzugriff während der Ausführung und liefern ein gewisses Maß an Informationen, wenn verdächtige Zugriffe erkannt werden. Verbreitete Beispiele für solche Tools sind Valgrind oder AddressSanitizer (ASan). Beide werden zu den

Debugging-Tools gerechnet. Sie melden Speicherprobleme, indem sie die betroffene Speicheradresse ausgeben. Diese kann dann durch den Debugger auf einen bestimmten Bereich im Quellcode gemappt werden. Auch GrammaTech hat jüngst mit CodeSonar/X ein Werkzeug zur Speicherüberwachung vorgestellt, das auf der Teilnahme an der DARPA Cyber Grand Challenge basiert.

## Das Beste aus drei Welten

Probleme zu erkennen ist die eine Seite der Medaille, den Entwicklern die richtigen Hilfestellungen zu geben die andere. Heute existieren die drei oben skizzierten Ansätze zur Qualitätssicherung in der Software-Entwicklung in der Regel in eigenen Silos. Die statische Analyse hat den Vorteil, dass sie sehr früh im SDLC eingesetzt werden kann und dem Entwickler sehr genaue Hinweise auf Fehlerursachen gibt. Das Testing und die Speicherüberwachung hingegen bedingen einen lauffähigen Code, ihre Ergebnisse sind in Bezug auf Buffer Overruns nicht sehr aussagekräftig. Es ist für die Entwickler sehr aufwändig, diese Warnungen bis zur eigentlichen Ursache zurückzuverfolgen. Hier entstehen Kosten, zudem geht die Fehlersuche zu Lasten der Time to Market. Es liegt also nahe, die Verfahren soweit als möglich zu kombinieren. Vom Standpunkt der Sicherheit betrachtet ist die Integration der Speicherüberwachung in die statische Analyse am sinnvollsten, da sich hier zum einen Buffer Overruns am besten erkennen lassen und zum anderen die Ergebnisse des dynamischen Testings direkt in die Code-Analyse zurückfließen.

Diese Integration ist GrammaTech für das Tool CodeSonar gelungen. Hier können mit Valgrind und ASan zum einen Tools von Drittherstellern als auch das hauseigene Tool in die statische Analyse integriert werden. Dabei wird die Aus-

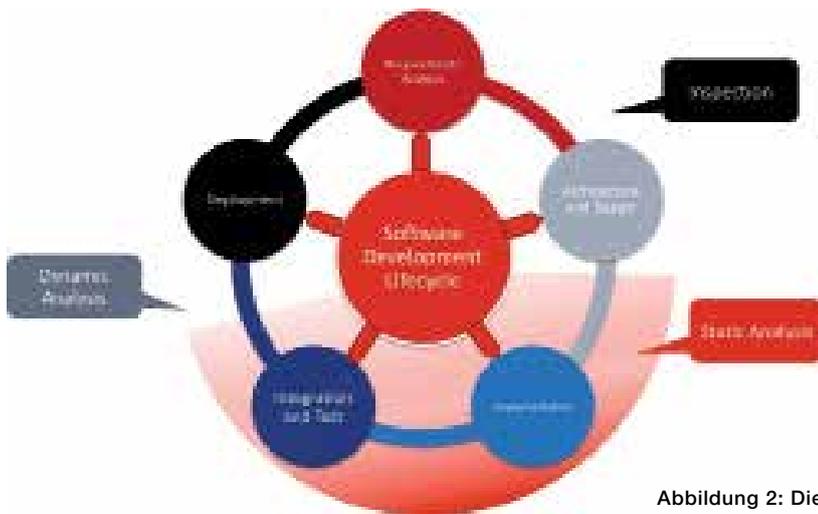


Abbildung 2: Die statische Analyse kann sehr früh innerhalb des Software Development Lifecycles genutzt werden. Die Ergebnisse lassen sich dann mit den dynamischen Verfahren anreichern.

gabe der Speicherüberwachung direkt mit dem Ergebnis der Code-Analyse verknüpft. Das Ergebnis sind signifikant genauere Ergebnisse. Denn grundsätzlich besteht bei allen Qualitätssicherungsmaßnahmen ein Dilemma: Auf der einen Seite muss die Trefferquote beim Auffinden sehr hoch sein, was auch zu vielen False Positives führt. Versuche, die Zahl der False Positives zu senken, können jedoch zu Lasten der Genauigkeit gehen, Fehler bleiben dann unerkannt.

### Kombinierte Warnsysteme steigern Qualität

Beim kombinierten Ansatz werden alle Zustandsverletzungen an die statische Analyse übergeben und dort in der Benutzeroberfläche angezeigt. Diese Informationen werden automatisch mit den Warnungen der statischen Analyse verknüpft. In der Praxis hat sich gezeigt, dass durch die Kombination von zwei voneinander unabhängigen Analyse- und Warnsystemen die Qualität der Meldungen signifikant steigt:

- ▶ Vorhandene Warnhinweise werden bestätigt
- ▶ False Negatives werden mit hoher Zuverlässigkeit erkannt

Die Bestätigung einer bestehenden Warnung erfolgt als True Positive, wenn der dynamisch erkannte potenzielle Fehler auf die gleiche Codezeile verweist wie der statisch gefundene. Für den Entwickler ist das ein klares Signal, dass ein ernsthaftes Problem vorliegt und hieran mit Hochdruck gearbeitet werden sollte. Die Erkennung von False Positives geschieht ähnlich: Kommt es beim dynamischen Test zu einer

Zustandsverletzung, deren Ursache von der statischen Analyse nicht erkannt wurde, gibt das Tool eine Warnung mit hoher Priorität aus. Dabei bekommt der Entwickler den kompletten Ausführungspfad angezeigt, er kann das Problem so fokussiert angehen.

### Sicherheitsrisiko Buffer Overrun

Buffer Overruns stellen ein immenses Sicherheitsrisiko dar und können damit hohe Kosten nach sich ziehen. Vor allem in Hinblick auf die immer weiter steigende Kritikalität von Software – nicht zuletzt im Embedded-Bereich – müssen diese schwerwiegenden Fehler so gut als möglich vor der Auslieferung beseitigt werden. Im Extremfall gefährdet ein unsicheres Embedded-Device sogar die Gesundheit und das Leben von Menschen.

Die statische Analyse ist ebenso wenig neu wie dynamisches Testing und Speicherüberwachung. Dennoch öffnet die Kombination dieser Ansätze richtungsweisende Möglichkeiten in der Software-Entwicklung. Umsonst ist diese Sicherheit sicher nicht zu bekommen. Investitionen in angemessene Testinfrastrukturen und durchdachte Testszenarien sind unausweichlich. Auf der anderen Seite jedoch können schwer zu findende Probleme früher und schneller erkannt werden. Und je früher ein Fehler gefunden wird, desto weniger Kosten verursacht die Beseitigung. Von den Kosten, die durch defekte ausgelieferte Produkte entstehen, ganz abgesehen. □

# HOHER SCHUTZ DURCH VERSCHLÜSSELUNG

In der digitalisierten Welt entstehen Unmengen von Daten. Diese müssen vor Cyberkriminalität ausreichend geschützt werden. Hardware-basierte Mechanismen können hier den höchsten Schutz bieten.

TEXT: Bernd Hantsche, Rutronik BILD: Fotolia

Um die Authentifikation, Integrität und Vertraulichkeit von Daten zuverlässig zu schützen, bedarf es kryptografischer Algorithmen. Sie sorgen dafür, dass ein zu schützender Inhalt zunächst verschlüsselt wird. Anschließend kann der Empfänger den Inhalt über einen Schlüssel wieder dechiffrieren. Es gibt derzeit vier gängige Formen von Krypto-Algorithmen: Symmetrische, Asymmetrische, Hybride und Hash-Algorithmen. Wenn Ver- und Entschlüsselung über denselben Schlüssel ablaufen, spricht man von einem symmetrischen Algorithmus. Dabei muss der Schlüssel bereits im Vorfeld ausgetauscht und geheim gehalten werden. Diese Methode gilt als sehr schnell und wird beispielsweise für WPA2 und OpenSSL verwendet.

Bei asymmetrischen Algorithmen hingegen werden für Ver- und Entschlüsselung verschiedene Schlüssel verwendet. Während Daten über einen öffentlichen Key verschlüsselt werden, läuft die Entschlüsselung über einen privaten Key ab.

## Privater Key schafft Sicherheit

Diese Methode hat den Vorteil, dass der private Schlüssel nicht im Vorfeld übermittelt werden muss. Die Nachteile liegen darin, dass nur 2048-Bit-Keys (RSA) oder 256-Bit-Keys (ECC) bei aktuellem Stand der Technik ausreichenden Schutz bieten und die Entschlüsselung wesentlich langsamer ist. Hybride Algorithmen verknüpfen die Vorteile der beiden Methoden: Ein hybrider Algorithmus verwendet asymmetrische Algorithmen zur Erzeugung von Sitzungsschlüsseln, jedoch einen symmetrischen Algorithmus zur Verschlüsselung der Daten. Dieses Vorgehen löst das Schlüsselverteilungsproblem und erhält dabei den Geschwindigkeitsvorteil der symmetri-

schon Verschlüsselung. Diese Methode wird vor allem für die sichere Übertragung von Daten über das Internet verwendet, beispielsweise für SSL oder TLS.

Hash-Algorithmen nutzen Prüfwerte (Hashes), um die Integrität von Daten zu sichern. Dabei werden allen zu verschlüsselnden Daten individuelle Prüfwerte zugeordnet, die, sofern die Daten integer bleiben, immer gleich sind. Hash-Algorithmen sind dementsprechend besonders dafür geeignet, Daten vor Manipulationen zu schützen. Beispiele für Hash-Algorithmen sind die Protokolle SHA 1-3, CRC oder MD4/MD5.

## Hardware-basierter Schutz

Aufgrund steigender Rechenleistung werden immer stärkere Verschlüsselungsalgorithmen notwendig, um vor sogenannten Brute-Force Attacken geschützt zu sein. Dabei versucht eine Software möglichst schnell, möglichst viele Zeichenkombinationen als Passwort zu testen. Derzeit gilt eine 128-bit-Verschlüsselung zwar noch als sicher – das garantiert allerdings nicht, dass sie das in drei Jahren und bei exponentiell gestiegener Rechenleistung immer noch ist.

Wo softwarebasierte Lösungen durch Brute-Force-Attacken und virtualisierte Umgebungen geknackt werden können, sind Daten bei einer hardwarebasierten Verschlüsselung selbst dann sicher, wenn das entsprechende Gerät entwendet wird. Das ist vor allem dann sinnvoll, wenn sensible Informationen auf Laptops, Dash-Cams oder USB-Sticks außerhalb der firmeneigenen IT-Infrastruktur gespeichert werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass eine Entwendung kundenbezogener



Abbildung 1: In der digitalen Welt müssen Daten vor Verlust, Korruption und unerlaubten Zugriffen geschützt werden.

Daten laut DSGVO der Aufsichtsbehörde nicht gemeldet werden muss, wenn bewiesen werden kann, dass das Speichermedium verschlüsselt ist. Image-Schäden und finanziellen Verlusten kann somit vorgebeugt werden.

### Mikrocontroller richtig schützen

Viele Mikrocontroller und drahtlose Übertragungsmodule verfügen bereits über integrierte kryptografische Sicherheitsmechanismen. Sichere Funkmodule besitzen beispielsweise integrierte kryptografische Coprozessoren. Diese umfassen einen Zufallszahlengenerator und unterstützen eine große Anzahl von asymmetrischen, symmetrischen und Hash-Kryptografiediensten für industrietaugliche Sicherheitsstandards. Mikrocontroller können über den Advanced Encryption Standard (AES) mit 128- oder 256-Bit Schlüsseln gesichert werden.

### Selbstständige Datenverschlüsselung

Erweiterte Sicherheit bieten MCUs mit einer Memory Protection Unit (MPU), Clock Security System, einer Debug-Sperre, Echtzeituhr, Error Correction Code und integrierten Anti-Tamper-Mechanismen. Security-Speicher sind mit verschiedenen Kryptografie-Mechanismen auf dem Markt verfügbar. Sie übernehmen die Verschlüsselung von Daten selbstständig und entlasten so den Host-Prozessor des Systems. Zudem sorgen sie dafür, dass entwendetes Datenmaterial für Unbefugte nicht verwertbar ist; damit erfüllen Gerätehersteller die Anforderungen der DSGVO nach Verschlüsselung personenbezogener Daten.

### Datenverlust vorbeugen

Auch der Verlust oder die Korruption von Daten kann fatale Folgen haben, etwa wenn sensible Unternehmensdaten nicht mehr abrufbar sind oder gar komplette, kostenintensive Downtimes von Systemen entstehen. Deshalb sollten Entwickler vor allem in sicherheitskritischen Applikationen anstelle

von günstigeren Flash-Speichern mit der TLC-Technologie (Triple Level Cell) auf Karten mit einem wesentlich sichereren SLC (Single Level Cell) oder zumindest mit dem bezüglich Preis-/Leistungsverhältnis Kompromiss beliebten MLC (Multi Level Cell) Flash setzen. Durch ihre geringere Speicherdichte haben sie aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten eine erheblich geringere Bit-Fehlerrate und erlauben eine deutlich höhere Anzahl an Schreib- und Löschzyklen.

Durch den naturgegebenen Beschuss von Festplatten mit kosmischer Strahlung kann es zu sogenannten Bitflips kommen. Dabei wechseln einzelne Bits ihren binären Zustand. Das kann eine weitreichendere Korruption zur Folge haben, bei der Daten unlesbar oder komplett zerstört werden. Dies ist kein seltenes Phänomen: Einer Studie von CERN zufolge treten unentdeckte Datenfehler alle  $10^{16}$  Bits auf. Das heißt, dass etwa elf von 1000 Festplatten im Jahr durch kosmische Strahlung betroffen sind und darauf enthaltene Daten somit meist unbemerkt manipuliert werden.

### Geringe Ausfallwahrscheinlichkeit

Um dem vorzubeugen und die DSGVO zu erfüllen, ist es empfehlenswert, Daten auf so genannten RAID-Systemen (Redundant Array of Independent Discs) zu speichern. Ein RAID-System besteht aus mehreren Speichereinheiten, in der Regel HDDs oder SSDs, die zu einem logischen Laufwerk zusammengeschlossen werden. Ein solches System hat bei üblicher Konfiguration eine Ausfallwahrscheinlichkeit von lediglich 0,0001 Prozent, während sie bei einem gewöhnlichen System immerhin 2,9701 Prozent beträgt. Bei Anwendungen, die häufig den Speicher lesen und beschreiben, empfiehlt sich die Integration eines dezidierten Error Correction Code-RAMs. Es erkennt und korrigiert zuverlässig kleinere Datenfehler, indem es ein Kontroll-Bit für jedes gespeicherte Byte erstellt.

Weitere Informationen zu Rutronik finden Sie im Business-Profil auf Seite 43.

# SICHER BOOTEN UND KOMMUNIZIEREN

Die rasant zunehmende Vernetzung von Embedded-Systemen im Internet of Things wirft zusätzliche Sicherheitsfragen auf. Gleichzeitig bestehen Risiken wie illegale Softwarekopien oder missbräuchliche Nutzung von Systemen fort. Softwarelösungen alleine bieten keinen ausreichenden Schutz.

TEXT: Hubertus Grobbel, Swissbit BILDER: Swissbit

Embedded-Systeme existieren selten als in sich abgeschlossene Einheiten. Viele haben Schnittstellen für die Kommunikation oder bieten zumindest die Möglichkeit eines Firmware-Updates. Damit sind diese Systeme zwar wartbar, aber auch angreifbar. Die funktionale Einheit aus Hardware und Software und damit die für das System erreichte Betriebssicherheit könnte korrumpiert werden. Missbrauch, Sabotage, Datendiebstahl, Fälschung: Safety Engineering sollte in Zeiten von IoT immer den Aspekt der „Cyber“ Security einschließen.

Angriffsvektor ist dabei die Software. Nur: Wirklich sichere Systeme lassen sich nicht als reine Softwarelösung realisieren. Sie benötigen ein sicheres Hardwareelement, wie ein Trusted-Platform-Modul. Als Maßnahme, um den sicheren Betrieb eines Systems zu garantieren, sollte bereits sein Start lückenlos als Trusted Boot überwacht werden. Dieses Konzept stellt sicher, dass Software nur auf der spezifizierten Hardware oder Hardwareklasse gestartet werden kann. Der Boot Loader verwendet ein Authentifizierungsgeheimnis, das nur in der Boot-Umgebung (BIOS/UEFI) verfügbar ist. Nur auf Systemen, auf denen diese initiale Attestierungsinformation zur Verfügung gestellt werden kann, kann die erste Stufe gestartet werden. In den nächsten Stufen erfolgt eine Hash-Berechnung (Attestierung) für die jeweilige Stufe, was bei erwartetem Wert wie etwa die Herausgabe eines Entschlüsselungsschlüssels an die CPU zur Folge hat. Zerbricht diese Kaskade durch Manipulation oder Fehler, gilt das System als nicht mehr zuverlässig und geht erst gar nicht in Betrieb. Auf diese Weise lässt sich die Qualität eines Gerätes sehr strikt definieren. Aus der Ferne kann per Remote Attestation der Beweis eines ordnungs-

gemäßen Bootsvorgangs angefordert werden. Auf diese Weise können zwei Kommunikationspartner das jeweils entfernte System prüfen.

## Flash-Speicher mit Secure Element

Ein TPM bindet Hardware und Software aneinander. Was für den Betrieb erwünscht ist, ist aber nicht unbedingt die ideale Basis für eine kostengünstige Entwicklung und einen flexiblen Einsatz. Denn: Die „aufgelötete Sicherheit“ bindet den Softwareentwickler an eine Plattform, erzwingt möglicherweise die Modifikation von Hardware, die sonst im Standard hätte verwendet werden können.

Der zunächst ungewöhnlich erscheinende Gegenentwurf: Das Secure Element wird nicht fest mit der Hardware verbunden, sondern austauschbar wie ein Dongle beigesteuert. Da praktisch jedes System Datenspeicher benötigt, etwa als Bootmedium oder um Daten zu sammeln, setzt die Lösung hier an. Industrietaugliche Flash-Speicher mit integrierter Smartcard und Firmware-Erweiterungen für Kryptographie und WORM-Modus erlauben nachrüstbare Sicherheitslösungen. Die TPM-Funktion auf einem Speichermedium ergibt eine ganze Reihe neuer Ansätze für Sicherheitslösungen im Bereich von Secure Boot, Datenschutz, Lizenzschutz und der sicheren Identifikation von Teilnehmern einer M2M-Kommunikation. Gleichzeitig behalten Systementwickler ihre Freiheiten in der Hardwareauswahl, lediglich die Standardschnittstellen für SD Memory Cards oder USB werden benötigt. Die Funktionalität eines TPM kann von der Smart Card in der Secure Storage



Abbildung 1: Secure Elemente lassen sich einfach über eine Standard-schnittstelle wie USB nachrüsten.

Card als Java Card Applet implementiert oder individuell verbessert werden.

### Identifizierbarkeit als Schlüssel

Solche sicheren Memory Cards bietet der auf langzeitverfügbare Flash-Speichermedien für die Industrie spezialisierte Hersteller Swissbit an. Die Cards bestehen aus einem Flash-Speicherchip, einem Flash Controller und einer SmartCard – in diesem Fall eine JavaCard SmartCard, zertifiziert nach Common Criteria Level EAL 5+. Die spezielle Firmware mit integriertem AES-Enkryptor ermöglicht weitere Anwendungsszenarien. Weil als Secure Element ein Krypto-Element genutzt wird, kann nicht nur die Kommunikation abgesichert, sondern es können auch Daten sicher verschlüsselt werden. So lassen sich Trusted-Boot-Konzepte realisieren, Lizenzen sichern. Dabei ist TPM und Speicher nicht wie beim TPM getrennt, was Brute-Force-Angriffe erleichtert, sondern Speicher und Sicherheitschip sind als eine untrennbare Einheit verbunden und kombinieren Plattformsicherheit und Datenschutz in starker Weise. Das Flash Memory mit Enkryptor kann dazu genutzt werden, weitere Datenspeicher (etwa klassische Festplatten) im System zu verschlüsseln. Flash-Speicherkarten dieser Art werden bereits in großem Umfang in abhörsicheren Mobiltelefonen, Polizei-Bodycams und zum Schutz von Patientendaten in der Medizintechnik eingesetzt.

### Fälschungsschutz und Integritätsschutz

Abstrakt stellt die integrierte Smartcard zudem einen Ausweis als Nachweis einer Identität. Damit lassen sich Fälschungsschutz und Integritätsschutz etablieren. Gefälschte Geräte etwa stellen nicht nur ein wirtschaftliches Problem für die

Hersteller dar, sie können auch für Anwender zum Risiko werden – wie in der Medizintechnik. Über einen eindeutig identifizierbaren Datenspeicher kann sichergestellt werden, dass die Kombination von Hardware und Software dem entspricht, was der Hersteller qualifiziert hat. Mit einer sicheren Flash-Karte lassen sich zudem Softwarelizenzierungen und Funktionsfreischaltungen regeln. Indem man eine Zugangskontrolle, eine Code-Verschlüsselung oder eine digitale Signatur integriert, kann man Varianten in der Softwareausstattung von Produkten definieren und verwalten. Dies wird im Maschinen- und Anlagenbau immer wichtiger, da sich bei teilweise ausgereizter und perfektionierter Mechanik Maschinen nur noch durch ihre „smarten“ Funktionen unterscheiden, sprich: durch Software.

### Sichere M2M-Kommunikation

Wenn Geräte über das Internet kommunizieren, wird das Problem der Informationssicherheit vollends virulent. Systeme wie industrielle Steuerungen, die remote gewartet werden sollen, sind prinzipiell angreifbar. Verschlüsselung des Datenverkehrs und die eindeutige Identifizierbarkeit von M2M-Kommunikationsteilnehmern sind die sauberste Lösung. Analog zur Absicherung von Internetkommunikation in der IT, wo sich Anwender für eine Zwei-Faktor-Authentisierung mit einem Smartcard Token ausweisen, bieten Speichermodule mit Secure Element die Möglichkeit, den Teilnehmern in der M2M-Kommunikation einen Ausweis zu geben. So weiß im Internet der Dinge ein „Ding“, dass die empfangenen Daten oder Datenabfragen von einem anderen „Ding“ korrekt sind und die Quelle einer Nachricht wirklich die Systemkomponente ist, die sie vorgibt zu sein. Durch eine Remote Attestation kann einem Sicherheitsserver der Zustand eines Systems be-

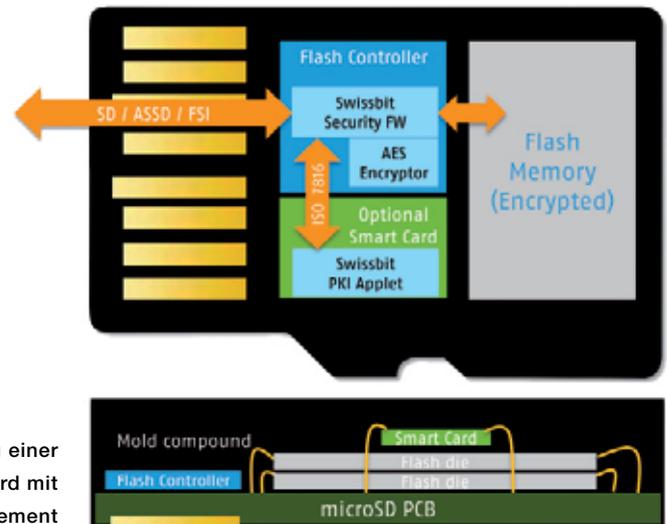


Abbildung 2: Der Aufbau einer sicheren microSD Memory Card mit Secure Element

wiesen werden und aufgrund dessen der Speicher erst zugreifbar gemacht werden. Hier zeigt sich die Stärke der Kombination von Security und Datenschutz.

### Sicherheitsfunktionen integrieren

Das Beispiel der SD Memory Cards und USB-Sticks mit Secure Element zeigt, wie die Integration eines Hardwareelements in ein Sicherheitskonzept erfolgt. Die Delegation von Kryptografieaufgaben an ein solches Medium erfolgt hier über PKCS#11-Programmierung (Public-Key Cryptography Standard). Um die API der sicheren Speicherkarten zu nutzen, bietet der Hersteller eine PKCS#11-Library. Die API definiert Funktionen, die zum Erstellen, Ändern, Verwenden und Löschen von kryptografischen Objekten auf sicheren Flash-Karten benötigt werden. Diese Objekte können X.509-Zertifikate, RSA-Private-/Public-Key-Paare, elliptische Schlüsselpaare, symmetrische Schlüssel oder Datenobjekte sein. Mitgeliefert wird ein PKCS#11-Applikationsprogramm, mit dem alle Sicherheitsfunktionen leicht nachvollzogen werden können. Es verwendet die PKCS#11-API und implementiert eine Befehlszeilenschnittstelle (CLI) zur PKCS#11-Bibliothek.

### Sehr sicher dank Memory Cards

Als Schlüssel- und Zertifikatmanagementprogramm kann sowohl ein vorhandenes PKCS#11-kompatibles Tool, als auch das Open-Source-Tool xca zum Einsatz kommen, eine Applikation mit GUI für den Umgang mit X.509-Zertifikaten. Mit xca werden über die PKCS#11-API Anfragen zur Zertifikatsignierung auf Basis von geschütztem Schlüsselmaterial auf der Karte erstellt und Zertifikate auf die Karte kopiert. Zusätzlich dazu lassen sich RSA- und ECDSA-Schlüsselpaare auf

der Karte erzeugen. Ein überaus praktischer Aspekt der PKCS#11-Nutzung ist, dass auch der Browser Firefox von Mozilla die PKCS#11-API nutzt. Die PKCS#11-Bibliothek integriert sich in Firefox und verwendet dabei die X.509-Zertifikate zur SSL-Client-Authentisierung. Diese sind auf der Flash-Karte gespeichert und sichern so den Zugang zu und die Kommunikation mit Webseiten. Die PKCS#11-API bietet zudem einen OpenSSL-Engine-Support, so dass OpenSSL direkt auf die Objekte auf der Karte zugreifen kann. Auf diesem Weg können alltäglich genutzte Sicherheitsmechanismen sehr sicher mit den Memory Cards realisiert werden. Die Integration in eine Vielzahl von Open-Source-Applikationen zeigt die Standardkonformität der PKCS#11-Schnittstelle.

### Wechselbarer Flash schlägt TPM

Einen smarten Sicherheitsanker auf einem wechselbaren Flashspeichermedium als Basis für Sicherheitslösungen mit Authentisierung und Kryptografie zu nutzen, ist nicht nur kostengünstig und unabhängig von sonstiger Hardware. Eine solche Lösung ist auch langfristig sicherer und dem klassischen TPM-Ansatz deutlich überlegen. Cyber Security ist bekanntlich ein ewiger Rüstungswettlauf. Daher ist es von Vorteil, Module einer Sicherheitslösung gegebenenfalls austauschen und aufrüsten zu können. Das Extremszenario wäre hier die Post-Quanten-Kryptografie. Nachrüstbarkeit kann zudem ein Vorteil sein, wenn es darum geht, bestehende Produkte mit möglichst wenigen Eingriffen sicherer zu machen. Systemicherheit wird auf diese Weise in Zukunft überhaupt erst planbar.

Weitere Informationen zu Swissbit finden Sie im Business-Profil auf Seite 45.

# MEHR SICHERHEIT MIT SECURITY-BY-DESIGN

Mit der Digitalisierung steigen auch die Anforderungen an die Sicherheit in Unternehmen enorm. Trotzdem wird diese oftmals vernachlässigt. Das ist fatal, denn eigentlich erfordern es die Rahmenbedingungen von Industrie 4.0, dem Schutz der Anlagen eine hohe Priorität einzuräumen. Eine mögliche Lösung ist Security-by-Design.

**TEXT:** Bernd Fuhlert, @-yet **BILDER:** Fotolia

Die Sicherstellung der Verfügbarkeit in Fertigung und Produktion ist unabdingbar, denn neben deren Bedeutung im Sinne der Echtzeit-Anforderung ergibt sich hier noch eine weitere Dimension: Während der Betriebsablauf im Büro nicht komplett zusammenbricht, wenn eine Kommunikation auf elektronischem Wege zeitweise nicht möglich ist, hat ein Ausfall der IT in der Produktionshalle zumeist – vor allem in monetärer Hinsicht – massive Folgen. Auf diese Gefahr wird explizit im aktuellen Lagebericht zur IT-Sicherheit vom BSI hingewiesen. Dieser besagt, dass die Störungen industrieller Steuerungsanlagen gravierende Auswirkungen in Form von Stromausfällen oder Beeinträchtigungen von Produktions- und Logistikprozessen haben.

Diesem Aspekt sollte bei der Analyse der Sicherheitsbedingungen im Umfeld von Industrie 4.0 eine hohe Priorität eingeräumt werden. Denn daraus lässt sich unter anderem ableiten, dass aufgrund der durchgängigen Vernetzung und der daraus resultierenden Abhängigkeiten innerhalb der dynamischen Wertschöpfungsnetzwerke kein Teilbereich in der Prozesskette isoliert analysiert oder gar vernachlässigt werden kann. Die Notwendigkeit einer methodischen Vorgehensweise ergibt sich unter anderem daraus, dass seit einigen Jahren vermehrt systematisch Attacken gegen Steuerungsanlagen in der Produktion ausgeführt werden. So ist die Größenordnung des tatsächlich ermittelten Verlust aufgrund von Cyberkriminalität auch beträchtlich: Allein im Jahr 2017 wurden hierdurch nach Angaben des Bundeskriminalamtes (BKA) etwa 51 Millionen Euro Schaden alleine in Deutschland verursacht. Die Dunkelziffer dürfte weit höher liegen.

Das Angriffe auf Unternehmen zunehmend mittels Ransomware verübt werden, wurde bereits vor zwei Jahren in dem Bericht „Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2015“ vom BSI erläutert. Ein entsprechender Hinweis, dass Ransomware zu einer lukrativen Möglichkeit für Cyberangreifer geworden ist, findet sich entsprechend auch wieder im aktuellen Bericht. Vielfach steht hierbei insbesondere der Mittelstand im Fadenkreuz der Angreifer, weil er ein lohnendes Ziel darstellt. Denn viele Firmen, die nicht unter das KRITIS-Gesetz fallen, tolerieren eher den finanziellen Verlust bei einem längeren Ausfall statt in Schutzmaßnahmen zu investieren und sind eher dazu bereit, sofort die geforderten Erpressungsgelder zu bezahlen, nur damit ein Vorfall nicht in die Öffentlichkeit gelangt.

## Investitionen in Schutzmaßnahmen lohnen sich

Diese Denk- und Handlungsweise führt insgesamt jedoch auch dazu, dass hier durch alte Malware-Programme nach wie vor großer Schaden angerichtet werden kann, wie beispielsweise mit Conficker, einem der ältesten und bekanntesten Schädlinge, von dem noch immer Mutationen im Umlauf sind. Obwohl längst entsprechende Sicherheitspatches und Virensignaturen zur Verfügung stehen, werden diese, teils aus Unkenntnis, teils aufgrund des damit verbundenen, auch finanziellen, Aufwands, in der Fertigung selten eingesetzt. Doch ungeschützte Leitsysteme sind gute Angriffsziele, weil sich innerhalb der bestehenden, historisch gewachsenen, Netzwerkstrukturen, die viele Freigaben beinhalten, Malware in Sekunden verteilt. Im schlimmsten Fall kann hier letztendlich ein Totalverlust entstehen, selbst wenn durch die gezielte Attacke



Abbildung 1: Ist Security-by-Design ein Allheilmittel oder nur ein guter Ausgangspunkt?

nur der Ausfall von Teilkomponenten anvisiert war. Grund dafür ist, dass die Prozessketten heute extrem eng verknüpft sind. Hierfür gibt es zahlreiche Beispiele, etwa folgendes: In einem Pharmaunternehmen wurde durch einen, mit Conficker verseuchten, USB-Stick Malware auf Windows-XP- und -Vista-Rechner verteilt. Die Auswirkungen zeigten sich zunächst im Leitsystem – hier wurden aufgrund der Batch-Verarbeitung ganze Kolonnen abgeschaltet, mit der Folge, dass das aufwändig produzierte Material vernichtet werden musste.

### Gründe für Security-by-Design

Im Kontext von Industrie 4.0 bieten bekannte Schutzmaßnahmen wie Virens Scanner oder Firewall mittlerweile im Kampf gegen Angreifer eher ein paratistisches Waffenarsenal. Allein aus dem Grund, dass die Angriffsmethoden kontinuierlich weiterentwickelt werden und die heutigen Abwehrsysteme zu meist darauf abzielen, aktuelle oder kurzfristig antizipierbare Angriffe zu detektieren. Hinzu kommt, dass das Schutzniveau nicht verlässlich mit den Sicherheits-Produkten kovariert, weil deren Anwendung insgesamt stark von den Fähigkeiten und dem Wissen der Mitarbeiter abhängt. In Analogie dazu passt auch das Ergebnis aus der aktuellen Studie vom VDMA, dass bei nur 15 Prozent der angegriffenen Unternehmen IT-Attacken überhaupt publik wurden.

Daraus resultierend entsteht zunehmend der Ruf nach präventiven Maßnahmen, die möglichst früh in die Wertschöpfungskette integriert sind. Diese dienen dem Schutz der Prozesse in hochgradig vernetzten Produktionsumgebungen.

Das bedeutet, dass die IT-Sicherheit bereits bei Planung und Entwurf dergestalt berücksichtigt werden soll, damit sich im Weiteren die Verantwortlichen in Produktion und Fertigung nicht mehr grundsätzlich mit additiven Vorkehrungen zur Absicherung der Anlagen beschäftigen müssen. Diese Haltung setzt sich zunehmend durch. So ist beispielsweise in der Charta of Trust – initiiert von Siemens, und unter anderem unterstützt von Airbus, Allianz und der Deutschen Telekom – festgelegt, dass Cybersicherheit als Werkseinstellung vorgesehen sein sollte. Folglich lautet eines der in der Charta aufgeführten Prinzipien, dass das höchstmögliche angemessene Maß an Sicherheit und Datenschutz anzuwenden ist und entsprechend, nach Ansicht der beteiligten Unternehmen, unter anderem beim Design von Produkten, Technologien oder betrieblichen Abläufen vorkonfiguriert werden muss.

### Kein Allheilmittel für die gesamte Lebensdauer

Im Sinne der Umsetzung ließe sich theoretisch einiges zum Standard definieren, etwa dass allgemein bekannte Schwachstellen wie Default Passwords behoben werden. Doch in der Praxis gibt es noch einige Haken: Zum Beispiel könnte über Schnittstellen die Erlaubnis der Kommunikation nur zwischen berechtigten Geräten festgelegt werden. Doch dieser Ansatz verfolgt bereits vom Grundgedanken her eine falsche Annahme. Das Sicherheitsniveau, das hier geschaffen wird, basiert nur auf den antizipierten Angriffen von morgen. Folglich kann es kein Allheilmittel für die gesamte Lebensdauer einer Maschine darstellen, weil die Angriffsmethoden beständig weiterentwickelt werden und somit ein dynamisches Gap entsteht.



Abbildung 2: Cyberkriminalität führte in Deutschland allein im Jahr 2017 zu einem Schaden von 51 Millionen Euro.

Daraus lässt sich folgende Konsequenz ableiten: Tatsächlich müssen Hersteller in der Pflicht stehen, Maschinen gemäß Stand der Technik sicher zu gestalten. Doch das enthebt den Maschinenbetreiber nicht von der Verantwortung sich nach Inbetriebnahme kontinuierlich mit neuen Angriffsvektoren auseinanderzusetzen und diese bezüglich ihres möglichen Gefährdungspotentials für seine Anlage zu beurteilen. Insbesondere unter dem Aspekt der individuellen Komplexität von Maschinenkonfigurationen, die durch spezifische Änderungen seitens der Betreiber für den Hersteller nicht mehr transparent sind. Andererseits wird der Hersteller dadurch jedoch nicht von der Verpflichtung enthoben, die Bedrohungslage für seine Komponenten kontinuierlich zu eruieren und unter Berücksichtigung der bekannten Schwachstellen entsprechende Schutzmaßnahmen zu offerieren.

### Kein Königsweg in Sicht

Obwohl Security-by-Design nicht als Allheilmittel bezeichnet werden kann, so bietet dieses Prinzip doch einen guten Ausgangspunkt, um den Schutz von Maschinen über den Lebenszyklus – der, im Gegensatz zur Unternehmens-IT, Jahrzehnte beträgt – aufrechtzuerhalten. Allein aus dem Grund, da bei der Entwicklung auch bereits berücksichtigt wird, dass für eine kontinuierliche Absicherung beispielsweise das Patch-Management eine zwingende Voraussetzung ist. Somit könnte dies ein Ansatz sein, mittels dem sich verhindern ließe, dass für Systeme in Produktionsumgebungen, wie etwa dem Betriebssystem XP, der Support und somit auch die Bereitstellung der Sicherheits-Updates eingestellt werden. Eine einfache Lösung – quasi den Königsweg – um die Produktionsumgebung optimal abzusichern wird es Stand heute auch zukünftig nicht geben, sondern eher den bestmöglichen Kompromiss, der sich

stark an der Gefährdungslage orientiert. Das liegt auch darin begründet, dass die Entwicklung der Industrie 4.0 ein fließender Prozess ist. □

**WWF**

**„Ich bin zwar Einzelgänger. Aber ich will nicht der Einzige sein.“**

WWF dem Schneeleoparden mit deiner Spende: [wwf.de/leopard](http://wwf.de/leopard)

**STOPP WILDERE WELTWEIT**

Die letzten Schneeleoparden werden aus ihrem Lebensraum vertrieben und für ihr Fell getötet. Der WWF unterstützt Koalitionen und lokale WWF-Mitarbeiter. Hilf mit deiner Spende. WWF-Spendenkonto: BLAN 2512 0510 0001 0002 0002 0002 23, Bank für Sozialwirtschaft.

# DISPLAYS & HMI



BILD-SPONSOR: GARZ & FRICKE

**202 Im Rampenlicht**  
Garz & Fricke

---

**204 Gastkommentar**  
Stephan Meyer-Loges, Garz & Fricke

---

**205 Virtuelle Bedientableaus**  
Walter Siegert, Deuta Werke

---

**207 Displayveredelung mit Optical Bonding**  
Markus Hell, Data Modul

---

**210 Die Laterne der Moderne**  
Christoph Kutzero, Garz & Fricke

---

# IM RAMPENLICHT

Immer häufiger werden Displays nicht nur zur Anzeige verwendet, sondern auch zur Interaktion. Sollen sie außerdem noch vernetzt sein und sich für den Außeneinsatz eignen, bedarf es spezieller Technik. Wie diese aussieht, zeigen die Produkte von Garz & Fricke.

TEXT: Garz & Fricke · BILDER: Dominik Gierke

## SANTVEND core

Durch das integrierte 3G/4G-Modem eignet sich der i.MX6-basierte SBC mit ARM-Cortex-A9-Prozessor perfekt für den Einsatz in IoT-Applikationen, wie beispielsweise im Smart-Vending-Bereich

**SANTOKA 12.1 BX PCT**

Das 12,1-Zoll-HMI ist mit kapazitivem Multi-Touch in Panel-Mount-Bauform ausgestattet, für eine einfache Integration in ein Gerätegehäuse.

**SANTARO 7 OF PCT IPS Outdoor**

Das besonders robuste HMI mit 7,0 Zoll in Open-Frame-Bauweise ist für den Outdoor-Einsatz konzipiert. Das high-brightness Display und das verwendete Optical Bonding sorgen für eine hervorragende Lesbarkeit auch bei Sonneneinstrahlung. Es ist mit einem kapazitivem Multi-Touch ausgestattet.



# DIE ZUKUNFT GEHÖRT DEM TOUCH

Einst Lächer-Objekt, nun die Zukunft: Der Finger-Touch. Es hieß er sei viel zu ungenau und kompliziert. Heute, 11 Jahre später, ist er nicht mehr wegzudenken. HMIs haben höchstauflösende Bildschirme, erkennen präzise jede Eingabe und sind dennoch so robust, dass sie selbst rauere Behandlung wegstecken.

Zeitlich etwas versetzt, macht der Siegeszug der kapazitiven Technik auch vor industriellen Anwendung nicht halt. Im Trend liegen Human Machine Interfaces (HMI) mit Projiziert-kapazitiven Touchscreens (PCAP). Diese sind multitouchfähig, können also mit mehreren Fingern gleichzeitig bedient werden. Außerdem bieten HMIs und Panel PCs den Displays eine hervorragende Blickwinkelstabilität und können als High-Brightness-Version mit hohen Helligkeiten von teils über 1000 cd/m<sup>2</sup> sogar im Außenbereich eingesetzt werden. Die Nachfrage nach immer größeren Bildschirmdiagonalen und höheren Auflösungen steigt stetig.

Einen weiteren Trend, den wir in Sachen HMI mit PCAPs sehen, ist der Wunsch nach optischem Bonding. Hierbei wird statt das Touchdisplay im Airbond-Verfahren mit speziellem doppelseitigen Klebeband auf das Display zu kleben oder es mechanisch mit einem bestimmten Abstand zu integrieren, der Touchsensor vollflächig mit dem Display verklebt. Dadurch werden widerstandsfähigere HMIs möglich. Was auch notwendig ist, denn immer mehr Kunden möchten HMIs mit PCAPs in rauer Umgebung mit extremen Temperaturen und Wittereinflüssen einsetzen. Dank Optical Bonding und weiteren Maßnahmen können wir so Produkte liefern, die zusätzlich zur Standardschutzklasse IP66 auch hervorragend für den Außeneinsatz geeignet sind. Frühere Probleme von kapazitiven Touchscreens, wie die Bedienung mit Handschuhen, können wir durch Touch-Controller-Programmierung beseitigen. Ebenso können wir die Herausforderung von Wassertropfen auf dem kapazitiven Touchscreen, die für das System wie Eingaben aussehen, durch die Entwicklung ausgeklügelter Treiber meistern. Aber auch der Force Touch wird in Kürze



**Stephan Meyer-Loges**  
Projektleiter im Solutionsteam  
von  
Garz & Fricke GmbH  
Stephan.Meyer-Loges@garz-  
fricke.com

verstärkt Einzug in die industriellen HMIs erhalten und damit dem nächsten Trend vom Smartphone folgen.

Die Ansprüche unter dem Glas werden sich auch verändern. Die Nachfrage nach Unterstützung bei der GUI-Erstellung mit Frameworks wie Qt oder gar die Entwicklung der kompletten grafischen Oberfläche sind heute an der Tagesordnung. Dabei setzen immer mehr Kunden auf Betriebssystem-Frameworks wie das Linux-basierte Yocto. Parallel steigt die Nachfrage nach HMI-Systemen auf Basis von Google Android. Das Betriebssystem ist Anwendern sowie Integratoren bereits vom Handy bekannt. Dadurch lassen sich damit gestaltete HMIs ganz intuitiv nutzen, so wie man es von Smartphones und Tablets gewohnt ist. Da es somit optimiert ist für mobile Systeme auf Basis von ARM-Prozessoren und

deren Derivate, eignet es sich hervorragend für ARM-basierte Embedded-Systeme mit geringem Stromverbrauch.

Das deckt sich mit dem Wunsch nach stromsparenden HMIs und Panel-PCs auf ARM-Basis. Diese Android-HMIs lassen sich zudem gut in Industrie 4.0- und IoT-Szenarien integrieren, da Android bereits für verschiedenste Sensoren und Kameras vorbereitet ist. Des Weiteren enthält es gut nutzbare Schnittstellen zu Funkmodulen wie LTE und WLAN sowie zum Nahbereichsfunk Bluetooth und NFC und integriert Positionierungssysteme wie GPS und Glonass. Die Smartphone-Entwicklung hat die Entwicklung von HMIs stark beeinflusst und neue Branchentrends in Gang gesetzt. Es ist sicher, dass Hersteller von HMIs und Embedded-Systemen an der Finger-Bedienung auf absehbare Zeit nicht vorbeikommen werden. Denn die Zukunft gehört dem Finger-Touch.

# VIRTUELLE BEDIENTABLEAUS

Die Industrie wünscht sich eine sichere virtuelle Alternative zu bislang genutzten Hardware-Bedientableaus, denn diese gelten als unflexibel und statisch. Aber wie werden auf einem TFT-Bedientableau sicherheitsrelevante Anzeigen und Eingaben umgesetzt? Schließlich müssen sicherheitskritische Faktoren und Fehlfunktionen ausgeschlossen werden.

TEXT: Walter Siegert, Deuta Werke BILD: Deuta Werke

Grundsätzlich sind virtuelle Bedientableaus nichts Neues: Wir bedienen sie täglich, wenn wir ein Ticket für die Straßenbahn kaufen oder am Bankautomaten Geld abheben und natürlich haben sie einen festen Platz in der Industrie. In sicherheitsrelevanten Bereichen können Bedienfehler auf einem TFT-Bedientableau jedoch Menschenleben kosten. Hier ist die sichere Anzeige und Bedienung der Mensch-Maschine-Schnittstelle die Voraussetzung für den Schutz der Umwelt.

Bislang stand weltweit keine Technologie zur Verfügung, die aus einem Standard-TFT ein Bedientableau mit sicherer Eingabe- und Anzeige-Technik machte. Initiiert wurde der Bedarf nach einer sicheren Anzeige- und Eingabetechnologie von der Schienenfahrzeugindustrie. In den Führerräumen der Bahnfahrzeuge lösen elektronische Anzeige- und Steuerelemente herkömmliche mechanische Geräte und Einzelkomponenten ab. Der Führerraum von Zügen wird mit PC- oder ARM-Standardtechnik aufgebaut, da dies Kostenvorteile bietet und eine ergonomische Gestaltung erlaubt. Insbesondere die Flexibilität der Anzeigesoftware, die sich schnell für die verschiedenen spezifischen Kunden-, Länder- oder Projektanforderungen anpassen lässt, führt zu einer zunehmenden Variantenzahl unterschiedlicher Informations- und Steuerungsdarstellungen in den Zügen, die es technisch sicher zu beherrschen gilt. Ähnliches gilt für mechanische Bedientableaus, die in Industrieanwendungen nur für jeweils eine Anwendung konzipiert sind.

## Am Anfang stand die Eisenbahn

Blindes Vertrauen in die Technik ist bei sicherheitsrelevanten Anwendungen in jedem Industriebereich unangebracht. Die Vertrauenskette, die sich letztlich bis hin zum Bedienpersonal erstreckt, beginnt in der frühen Phase der Produktkonzeption. Bei der Betrachtung der PC-/ARM-Technik von Anzeigegeräten fiel deren Fehlerpotenzial auf; so kann zum Beispiel eine fehler-

hafte technische Datenübertragung oder eine Datenkorruption im Grafikspeicher vorliegen oder ein Fehler in der grafischen Steuerung des Displays, in der Visualisierungssoftware, im Betriebssystem, im Treiber des TFT-Signals oder im Mikroprozessor selber. Für eine Anzeige oder Toucheingabe mit Safety-beziehungswise Performance-Level gilt es einiges zu beachten. Zu beachten:

- ▶ Fehler und Obsoleszenzen in modernen komplexen Rechenkernen, Caches, Grafikeinheiten und Ähnliche müssen beherrscht werden.
- ▶ Fehler in Betriebssystemen und komplexer Software müssen bewertet, geprüft und dokumentiert werden. Bei Änderungen sind aufwendige Nachprüfungen und Auswirkungsanalysen notwendig.
- ▶ Die Position der Touch-Eingabe muss sicher erfasst werden: Die Eingabeeinheit muss diagnostiziert werden. Wenn nicht alle Fehlerzustände diagnostiziert werden können und eine höhere Sicherheitsstufe benötigt wird, muss die Positionserfassung redundant erfolgen.
- ▶ Der projektspezifische Begutachtungsaufwand (Zeit und Geld) sollte so gering wie möglich sein.
- ▶ Die sichere Darstellung an der Eingabeposition ist erforderlich. Es soll sichergestellt sein, dass die Darstellung zu der ausgelösten Eingabefunktion passt. Daher ist für eine sichere Eingabe auch immer eine sichere Anzeige notwendig.
- ▶ Bei Bediensystemen ist die Eingabesicherheit abhängig von der Sicherheitsfunktion (Sicheres Starten eines Aktors, der eine Gefährdung erzeugen kann/Sicheres Stoppen und sicheres Loslassen)

## Sichere Bedienung virtueller Bedientableaus

Als Antwort auf diese Fragen entwickelte Deuta die Sicherheitsfunktionen IconTrust und SelectTrust um Darstellungs-

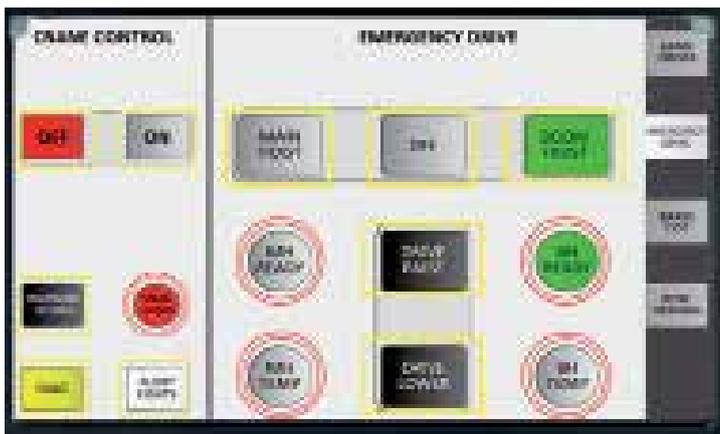


Abbildung 1: Bei diesem virtuellen Bedientableau stehen die roten Markierungen für die sichere Anzeige und die gelben für die sichere Eingabe.

und Bestätigungsfehler des unsicheren PC-Systems in einzelnen Funktionen zu detektieren. Beide Überwachungssysteme arbeiten vollständig entkoppelt von der Darstellungs- und Bedienfunktion. Die Endanwender können existierende Applikationssoftware mit dem IconTrust/SelectTrust-Konzept weiter verwenden. Die Technologien arbeiten unabhängig von Betriebssystemen, Programmierertools, Programmiersprache und Bibliotheken. Es gibt keine Beschränkung auf zertifizierte Softwaretools oder stark reglementierte Kodierregeln.

## Funktionsweise der sicheren Eingabe

Speziell für virtuelle Bedientableaus bietet IconTrust eine Technologie für die sichere Anzeige bis PL-e oder SIL-3. Die SelectTrust-Technologie ermöglicht eine Touch-Eingabe mit dem Performance Level PL-d oder SIL-2. In einer Verarbeitungskette von der Berührung eines grafischen Elements auf einem Touchscreen, über die Zuordnung eines entsprechenden Informationsgehalts aus den ermittelten Koordinaten, bis zur Übermittlung der Information an beispielsweise einen Steuerungsrechner, können verschiedene Fehler auftreten. Aufgrund des komplexen Verarbeitungsprozesses ist es nicht immer möglich diese Fehler zu offenbaren, was aber eine zwingende Voraussetzung für die Eingabe von sicherheitsrelevanten Informationen am Touchscreen ist.

Damit der sichere Rechner eine, auf klassischem Wege erstellte Information überprüfen und mögliche Fehler feststellen kann, erstellt SelectTrust parallel eine Referenzinformation die, vom klassischen Toucheventhandling des HMI unabhängig ist und direkt aus dem angezeigten Bilddatenstrom generiert wird.

Dabei wird über das Anzeigeüberwachungsverfahren IconTrust, den selektierten grafischen Elementen direkt eine Signatur zugeordnet und eine entsprechende Prüfsumme generiert. Diese

Prüfsumme repräsentiert den Inhalt des durch den Bediener ausgewählten grafischen Elements eindeutig.

## Korrekte Touch-Eingaben gewährleisten

Neben der „klassischen“ Behandlung von Touchevents innerhalb komplexer HMI-Strukturen generiert SelectTrust direkt aus den angezeigten Bilddatenstroms eine vom ersten Informationspfad unabhängige, Referenzinformation. Anhand dieser zweiten Information kann der sichere Rechner die Korrektheit des ersten Informationspfads überprüfen.

Die patentierte SelectTrust Technik erlaubt die Ein- und Ausgaben sicherheitsrelevanter und nicht sicherheitsrelevanter Informationen innerhalb derselben HMI-Einheit zu realisieren. Damit ermöglicht es die Nutzung von leistungsfähiger Standard PC-/ARM-Technologie und deren Vorteilen. Somit erhält die sichere Steuerung die durch den HMI-Rechner ermittelte Information und zusätzlich die von SelectTrust generierte Signatur.

## Trust-Technologien sorgen für korrekte Daten

Die beiden Trust-Technologien IconTrust und SelectTrust stellen die Aktualität und Korrektheit der angezeigten Daten sicher, ohne dass die eigentliche Applikation zur Darstellung der Informationen, die auf unsicherer TFT-Technik beruhen kann, einem Nachweisverfahren unterworfen werden muss. Aufgrund dieser Unabhängigkeit ist der Einsatz eines der Systeme auch in anderen Industriebereichen als virtuelle Bedientableaus vorstellbar. Der Sicherheitsnachweis mit SIL-Zulassung für die IconTrust-Technologie ist unabhängig vom Visualisierungssystem, den Software-Entwicklungswerkzeugen sowie der Hardwarekonfiguration. Es ist sogar möglich, existierende Applikationssoftwaremodule wiederzuverwenden und existierende Anlagen zum SIL-Equipment nachzurüsten. □

# DISPLAYVEREDELUNG MIT OPTICAL BONDING

Optical Bonding ist ein Verfahren der Weiterverarbeitung von Displays mit Touchsensoren oder zusätzlichem Schutzglas. Doch welche Bonding-Verfahren gibt es und wie kann die richtige Wahl entsprechend der Applikation getroffen werden?

TEXT: Markus Hell, Data Modul BILD: Data Modul

Mit der steigenden Nachfrage nach modernen und robusten Bediengeräten wird Optical Bonding als Displayveredelung in industriellen Bereichen immer wichtiger. Optische Eigenschaften werden dadurch verstärkt und zusätzliche Funktionalität gewonnen. Es gibt unterschiedliche Bondingverfahren für verschiedenste Einsatzzwecke. Die Vielfalt an Displayformaten, Bauformen, Umweltbedingungen und Applikationsmöglichkeiten sowie Stückzahlen- und Budgetvorgaben erfordern unterschiedliche Verfahren. Die wichtigsten fünf Methoden: Air Gap, LOCA, OCA, Gel und Hybrid Bonding decken im Grunde den Bedarf an Veredelungspotenzial für alle Display- und Touch-Varianten ab. Doch warum werden überhaupt unterschiedliche Verfahren benötigt? Für welches Display und welche Applikation ist welche Methode am sinnvollsten? Welches Verfahren erfüllt die Anforderungen an anspruchsvolles Design, intuitive Usability und Budgetvorgaben bestmöglich?

## 1. Liquid Optically Clear Adhesive Bonding

Dieses Verfahren ist das gängigste und es ist flexibel einsetzbar. Der Flüssigkleber eignet sich für Hard-to-Hard-Verbindungen und wird über UV-Licht ausgehärtet. In erster Linie dient er zur Verbindung von Covergläsern mit der Sensortechnologie SITO (Single-Sided ITO)- oder eines Industrien TFT-Displays mit Metallrahmen (Bezel) mit einem Coverglas (mit/ohne Touch).

Data Modul bietet Liquid Optically Clear Adhesive Bonding (LOCA) vom Prototypenbau bis zur Serienfertigung für viele Diagonalen an, wobei der Fokus auf Größen bis 32 Zoll liegt. Der große Vorteil dieser Technologie ist, dass die einzelnen Komponenten nicht gestresst werden, da ausschließlich mittels UV Licht, ohne Druck und Temperatur ausgehä-

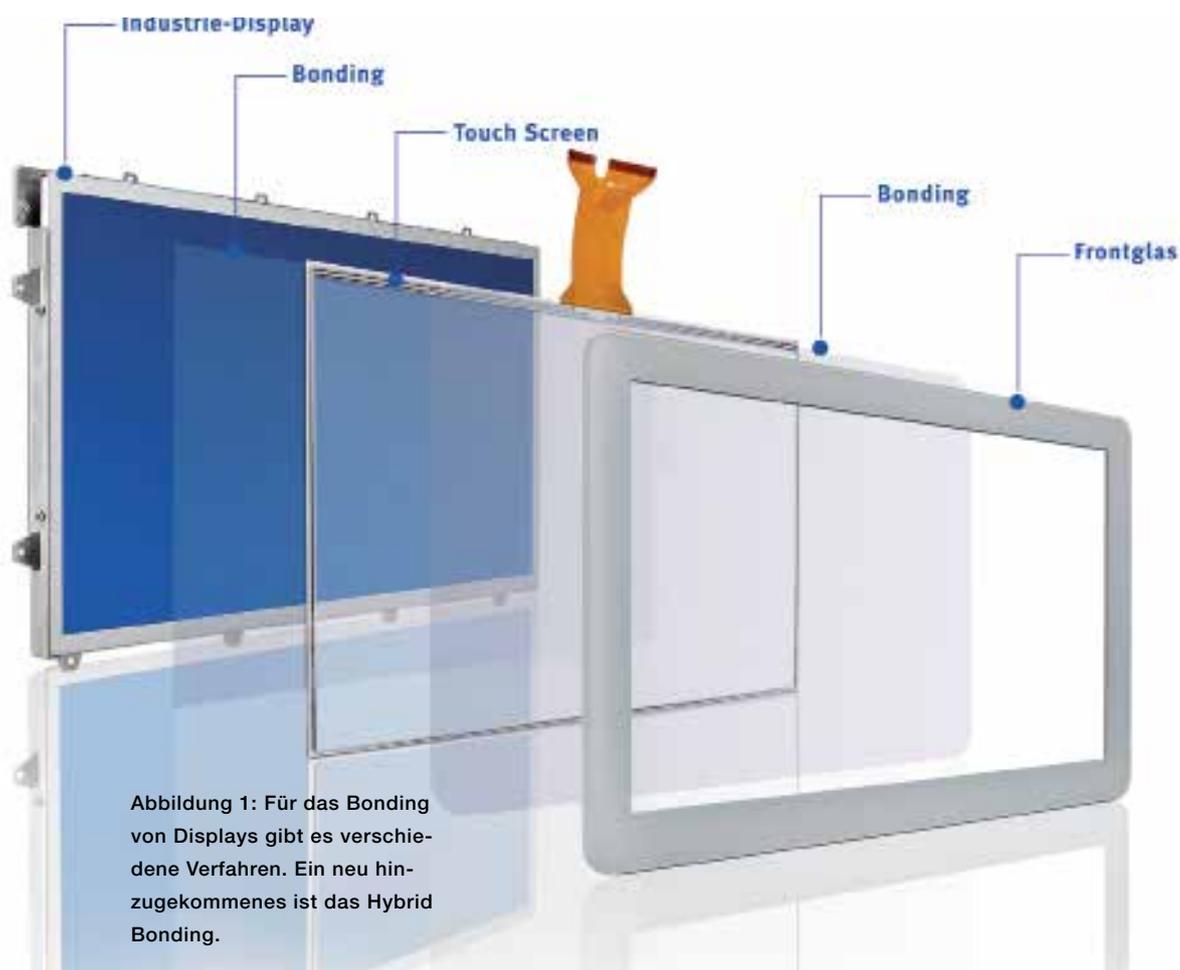
tet wird. Produktionsbedingte Unebenheiten der einzelnen Komponenten (beispielsweise im Coverglas) und Höhenunterschiede des Metall Bezels bei TFTs gleicht der LOCA-Kleber aus. Er ist silikonfrei und diffundiert nicht, dadurch ist er alterungsbeständig und vergilbt nicht. Für Frameless oder Zero-Bezel-Displays ist LOCA nur bedingt geeignet.

## 2. Optical Clear Adhesive Bonding

Das Trockenverkleben oder Optical Clear Adhesive Rolllamination (OCA) mit ITO, Metal Mesh oder sonstigen PCAP-Sensoren wird angewendet zum Aufbringen des Touchsensors auf das Deckglas (Hard-to-Soft). Hier wird das OCA des Touchsensors verwendet, sodass kein zusätzlicher Kleber notwendig ist. Im Anschluss wird der Verbund mittels eines Autoklavs ausgehärtet. Innerhalb der realisierbaren Diagonalen können Projekte mit OCA-Bonding kostenoptimiert und schnell umgesetzt werden. Im Hinblick auf Bedruckung und Härtung ist die Varianz der Coverglasgestaltung limitiert, da die Klebeschicht auf dem Touchsensor nur begrenzt einen Höhenunterschied ausgleichen kann. TFTs lassen sich mit diesem Verfahren nicht bonden oder laminieren.

## 3. Air Gap Bonding

Bei Industrie TFTs mit Bezel kann neben LOCA auch Air Gap Bonding angewendet werden, um Touches und/oder Covergläser mit dem Display zu verkleben. Dieses Verfahren ist der Vorreiter der Verklebungstechnologie, und kam hauptsächlich bei resistiven Touches zum Einsatz. Im Unterschied zur vollflächigen LOCA Verklebung wird hier ein doppelseitiges Klebeband umlaufend auf dem TFT Rahmen aufgebracht, das TFT und Touch oder Glas miteinander verbindet. Dabei



bleibt die Luftschicht zwischen beiden Komponenten erhalten, der zu zusätzlichen Reflektionen führt.

Um auszuschließen, dass in der Luftschicht Verunreinigungen eingeschlossen werden, muss die Assemblierung zwingend im Reinraum erfolgen. Dieses Bonding-Verfahren bietet den Vorteil, ohne Diagonalenbeschränkung kostengünstig und schnell Projekte realisieren zu können. Es hält allerdings nur dann das Gewicht des Glases, Touches oder Displays, wenn hochqualitative Industrieklebebander (für Innen- oder Außeneinsatz) verwendet werden und zusätzlich ausreichend Klebefläche vorhanden ist. Mit diesem Bonding-Verfahren lassen sich Temperaturwechselwirkungen gut ausgleichen. Das Verkleben von Touch und Deckglas ist allerdings nicht empfehlenswert, da sich der Luftspalt störend auf Optik und Touch-Verhalten auswirkt.

#### 4. Gel Bonding

Gel Bonding ist eine Weiterbearbeitung, die speziell für rahmenlose Displays mit oder ohne Touchfunktion geeignet

ist. Denn ohne Bezel können diese Displays nur sehr aufwendig und außerdem nicht garantiert rückstandsfrei im LOCA-Verfahren mittels Damm abgedichtet werden. Beim Gel Bonding werden Polyacrylamid-Gelpads auf die Größe der Displayoberfläche per Laser zugeschnitten und projektspezifisch angepasst. Mit dem Fokus auf mobile Applikationen sind gegenwärtig Diagonalen von 1,3 Zoll bis 14 Zoll realisierbar. Wird, wie bei Data Modul, das hochwertige Polyacrylamid anstatt des weit verbreiteten Silikons verwendet, steigen sowohl Adhäsionsfähigkeit als auch UV-Beständigkeit. Der Zuschnitt wird via Rolllamination auf den Touchsensor aufgebracht. Anschließend wird der Touchsensor inklusive Gelpad im Vakuum der Bondingmaschine auf das Display gelegt und zu einer Einheit verbunden.

#### 5. Hybrid Bonding

Diese Methode ist noch komplett neu auf dem Markt und Data Modul im Augenblick einer der wenigen Anbieter dieses Verfahrens in der industriellen Fertigung. Der Visual Solutions Spezialist verwendet dazu eine spezialangefertigte

Maschine. Diese assembliert und verklebt vollautomatisch die Komponenten Touch, Glas und Display, auch hart-to-hart genannt, und nimmt im Anschluss eine finale Aushärtung im anhängenden Autoklav vor. Wie der Name suggeriert, handelt es sich bei der Weiterentwicklung Hybrid Bonding um eine Mischung aus Flüssig- und der Trockenverklebung. Mit diesem Verfahren wurden zunächst die Vorteile beider Grundmethoden kombiniert und entsprechend potenziert. Das macht die Methode hocheffizient und eignet sich dadurch besonders für hochvolumige Projekte. Denn eines ist sicher: Die Nachfrage nach Touchdisplays im professionellen Bereich wird weiterhin kontinuierlich steigen. Und auch wenn zur Markteinführung des Verfahrens größere Formate noch nicht berücksichtigt werden, in absehbarer Zeit werden alle Displaygrößen hybrid gebondet werden können.

Zusammenfassend gibt es nicht „das Eine“ Bonding-Verfahren, da je nach Kundenanforderungen auf unterschiedliche Klebverfahren zugegriffen werden muss. Dabei spielen Faktoren wie Design, Diagonale, Umwelteinflüsse oder Gesamtkosten wichtige Rollen. Beispielsweise müssen TFTs nicht immer vollflächig gebondet werden, um ein gutes Bild zu erhalten. Mit Expertise und einer großen Vielfalt an Technologien bei der Verklebung und der Sensorauswahl können sich Bondingspezialisten wie Data Modul auf die wachsenden Anforderungen und Stückzahlen für die Zukunft einstellen und die Kompetenz über die Forschung und Umsetzung kontinuierlich ausbauen.

Weitere Informationen zu Data Modul finden Sie im Business-Profil auf Seite 20.



## TOUCH DISPLAYS FÜR DIE INDUSTRIE-, AUTOMOBIL- UND MEDIZINTECHNIK

- PCAP – Projected Capacitive Touch Technologie
- Bedienbar mit Handschuhen und bei nasser Oberfläche

- Standard Touchdisplays von 2.4" bis 15.6"
- Kundenspezifische Lösungen von 1.5" bis 30"

# DIE LATERNE DER MODERNE

Das Internet der Dinge wächst und macht auch vor Städten nicht halt: Städte werden smart. Damit das möglichst harmonisch und optisch ansprechend geschieht, geht ein Leipziger Leuchtenhersteller neue Wege und verwandelt Lampenmasten in Ladestationen. Dabei muss die Elektronik vor allem robust, zuverlässig und leicht integrierbar sein.

**TEXT:** Christoph Kutzera, Garz & Fricke **BILDER:** Garz & Fricke

Nicht nur gut aussehen, sondern auch modernste Funktionalität in robuster Form waren die Ziele, mit denen die smarte Außenleuchte Pablo entworfen wurde. Die Stadtbeleuchtung mit ihrer modernen an den Kubismus erinnernden Form zeigt, wie Städte dezent digitalisiert und urbane Räume nachhaltig modernisiert werden können. Für den Hersteller, Leipziger Leuchten, markiert die moderne Straßenleuchte den Einstieg in das noch junge Feld der Smart City, der intelligenten vernetzten Stadt.

## Digital im urbanen Straßenraum

Während die LEDs der Außenleuchte die Straßen erhellen, sorgen je nach Kundenwunsch integrierte WiFi-Technologie und Videotechnik für die Vernetzung von Stadt und Bürgern sowie mehr Sicherheit. Die optional integrierte Stromtankstelle sorgt für volle Fahrzeug-Akkus. Gesteuert wird die Ladeinheit namens Karsten über ein im Gehäuse verbautes Touch-Display samt Embedded System. Bei diesem Modul, ein sogenanntes Human Machine Interface (HMI), handelt es sich um das Santino LT, ein individualisierbares Standardprodukt des Hamburger Unternehmens Garz und Fricke. Es besteht aus einem Display samt passendem Touch-Interface und eben dem Single-Board-Computer.

## All-in-One-Modul

Das Leipziger Unternehmen, suchte nach einer Kombination aus Display samt Steuercomputer, das robust gegen Witterung, Hitze und auch grobe Behandlung ist. Viele Unternehmen bieten nur Produkte, die Display und Elektronik nicht ausreichend schützen. Garz und Fricke lieferte den Santino LT. Das Santino LT ist ein All-in-One-Modul mit einem 5 Zoll großen Touch-Display. Für zielgenaue Eingaben sorgt das kapazitive Touchinterfa-

ce, das dank Multitouch-Fähigkeit auch mit mehreren Fingern klarkommt. Der Prozessor des Single-Board-Computers ist ein i.mx6 von NXP. Vervollständigt wird die Platine durch Standard-Schnittstellen, wie unter anderem USB 2.0 und weiteren seriellen Schnittstellen wie beispielsweise RS485 und RS232. Diese können über Module wie RFID-Lesegeräte vom Kunden an- und eingebunden werden.

## Robust durch Senso-Glas-Bauform

Die Wahl eines kapazitiven Touchscreens ergab sich aus den Anforderungen fast zwangsläufig. Nur er trotzt auch grober mechanischer Behandlung. Dafür setzen die Entwickler von Garz und Fricke auf spezielles, chemisch gehärtetes, 2,8 mm dickes Glas das auch industrielle Schlag- und Stoßtests übersteht. Für die kapazitive Technik sprechen außerdem hohe Helligkeit und eine gute Ablesbarkeit auch bei Sonneneinstrahlung. Trotz der hohen Robustheit sieht das Display in der gehäusebündigen Senso-Glas-Bauform auch optisch gut aus.

Ganz unkompliziert ist die kapazitive Technik jedoch gerade im Außeneinsatz nicht. So können beispielsweise Regentropfen die Erkennung von Eingaben stören. Das liegt im Funktionsprinzip begründet. Denn wenn ein Finger eine kapazitive Touch-Oberfläche berührt, fließen geringe Ströme, aus denen die Elektronik die Position eines oder mehrerer Finger bestimmt. Gleiches passiert allerdings auch, wenn ein Regentropfen auf das Display fällt. Dann fließen ebenfalls geringe Ströme. Doch die Hamburger Entwickler fanden einen Weg, mit dem unerwünschten Verhalten umzugehen. Sie packen das Problem auf Softwareebene an und klassifizieren statische oder sich nur minimal bewegende Signale in der Treibersoftware als „Nicht-Finger“. Anschließend wird das

Abbildung 1: Das Modul Karsten mit integriertem Santino LT beherbergt die Ladesteuerung und stellt alle Komponenten für Vernetzung und Nutzung inklusive einer NFC-Schnittstelle bereit.



störende Signal herausgerechnet. Nun setzt die Displaysteuerung lediglich dann Signale in Eingaben um, wenn sich auf der Oberfläche etwas deutlich bewegt.

## Der Hitze entgegenwirken

Eine Herausforderung für das Display wie auch die Elektronik des Santino LT stellt große Hitze dar, wie sie im Außenbereich in der prallen Sonne schnell entsteht. Die Lösung hierfür beginnt bei der Hardware. Kritische Baugruppen mit hoher Leistungsaufnahme wie CPUs oder Arbeitsspeicher werden mit eigens entwickelten, individuell angepassten Kühlkörpern aus Aluminium-Spritzguss gekühlt. Zudem wurde das Display thermisch entkoppelt und leitet einen Teil der Abwärme gezielt in die Deckplatte des Bildschirms, was erneut ein paar Grad Abkühlung bringt. Reichen diese Maßnahmen noch nicht aus, weil der Tag besonders heiß ist, liegt eine weitere Lösung auf Software-Ebene. Dann setzt das Betriebssystem die Rechengeschwindigkeit der eingebetteten Systeme gezielt herab und dimmt das Display, wodurch weniger eigene Abwärme entsteht.

## Flexible Konfiguration

Beim Betriebssystem auf dem Santino LT haben Kunden die Wahl zwischen einem eingebetteten Windows, Android oder Yocto-Linux. Meist fällt die Wahl auf das flexible und leistungsstarke Yocto. Wobei Yocto streng genommen keine eigene Linux-Distribution darstellt, sondern vielmehr ein Ökosystem, aus dem sich die Entwickler bedienen können. Yocto zeichnet sich vor allem durch seine standardisierte Architektur und hohe Anpassbarkeit aus. Das vom Hamburger Zulieferer speziell auf das Board und den Einsatzzweck optimierte Yocto bringt das Grafik-Framework

QT mit. Die hier eingesetzte Version 5 kann QML- und teils sogar HTML-basiert programmiert werden, was die Anwendungserstellung erleichtert. Beim schnellen und effektiven Einstieg in die Arbeit mit dem Santino LT helfen auch umfangreiche Informationen zur Plattform. Neben einer umfangreichen Dokumen-

**display**  
...since 1984

**LCD**

**LED**

**TOUCH**

**OLED**

**TFT**

**KEYPADS**





**COLOUR UP**



**YOUR LIFE**



[www.display-elektronik.de](http://www.display-elektronik.de)

Display Elektronik GmbH · Am Rauner Graben 15 · D-63667 Nidda  
Tel. 060 43 - 988 88-0 · Fax 060 43 - 988 88-11

NEWSLETTER: [www.display-elektronik.de/newsletter.html](http://www.display-elektronik.de/newsletter.html)



Abbildung 2: Der Santino LT besteht aus Touchscreen und Embedded-System. Je nach Kundenwunsch können Schnittstellen zur Vernetzung über Ethernet, LTE oder WiFi sowie verschiedene Feldbus-Systeme integriert werden.

tation des Produkts und der Schnittstellen gehören dazu auch, detaillierte Release Notes. Diese listen auf, welche Änderungen es im Code des Systems gegeben hat und verweisen vollständig auf verwendete Software-Komponenten und Lizenzen.

## Zertifizierung der Produkte

Transparent besteht ebenfalls in Sachen bereits bekannter, aber noch nicht behobener Fehler im Code. Vervollständigt wird die Dokumentation mit einer Auflistung aller erfolgten Tests. Diese gesammelten Informationen sind den Entwicklern beim implementierenden Unternehmen ein hilfreiches Werkzeug und helfen bei der weiteren Zertifizierung der resultierenden Produkte, in die die Baugruppen von Garz und Fricke integriert werden.

## Ab in die Smart City

Für Leipziger Leuchten ist der Santino LT eine kompakte Lösung, um Technologien wie Ladestationen für Elektroautos direkt in die Stadtmöblierung einzufügen. Dabei hat das Leipziger Unternehmen einerseits den praktischen Nutzen für die Anwender im Blick. Andererseits möchte man den öffentlichen Raum modernisieren, ohne ihn durch eine Vielzahl an beispielsweise neuen Säulen und Pollern zu verbauen. Vielmehr wolle man den verfügbaren Raum besser und effizienter nutzen.

## Abgesicherte Transportwege in die Cloud

Die Smarte Stadt und das Internet der Dinge (IoT) werden zu einem spannenden und lohnenden Geschäftsfeld. Für die beiden kooperierenden Unternehmen ist das Internet der Maschinen und Sensoren eines der Geschäftsfelder, die schon wichtig sind und künftig noch weiter an Bedeutung gewinnen werden. So vernetzen beispielsweise die Hamburger schon heute viele Anlagen mit einer eigenen Cloud-Lösung. Dabei setzten sie auf eigens ab-

gesicherte Transportwege für die Daten, um einerseits störungsfreien Betrieb aber auch um Datensicherheit zu gewährleisten.

## Auf lange Beziehungen

Von besonderer Bedeutung für Hersteller langlebiger Güter wie eben vernetzte Stadtmöblierung ist langfristig verfügbare und stabile Zulieferung der eingesetzten Komponenten. Denn oft verschwinden Baugruppen viel zu schnell aus dem Sortiment des Zulieferers und werden oft durch ganz andere ersetzt. Garz und Fricke möchte das mit der Beständigkeit seiner Leuchten ausschließen. Diese werden meist erst nach mehreren Jahren ausgetauscht.

Entsprechend sollten die Anbieter von Vernetzungs- und Steuerungslösungen eine Obsolescence-Management-Strategie vorweisen können. Beispielsweise die Hamburger achten beim Einkauf darauf, dass Bauelemente und Baugruppen lange verfügbar sind. So werden aufwändige Redesigns und unsichere oder übermäßig teure Bauteil-Quellen vermieden werden.

Garz und Fricke nimmt nur Produkte aus dem Sortiment wenn es ein Nachfolgeprodukt gibt, das genauso gut passt und ebenso leicht integrierbar ist.

## Komponenten planbar längere Zeit beziehen

Mit dem Embedded System Santino LT wurde eine Lösung gefunden, um Stadtmöblierung einfach und dauerhaft fit zu machen für die Smart City und das IoT. Von Bedeutung ist hierbei die Herausforderung, verwendete Komponenten planbar über längere Zeit zu beziehen.

Weitere Informationen zu Garz & Fricke finden Sie im Business-Profil auf Seite 28.

# VERZEICHNISSE



BILDQUELLE: ISTOCK, MPAFOTO

214 Autorenverzeichnis

217 Redaktionsbeirat

218 Stichwortverzeichnis

216 Firmenverzeichnis

# Autorenverzeichnis

## A



**Bianca Aichinger** ..... 163  
Product Marketing Manager  
Recom Power  
b.aichinger@recom-power.com

## B



**Ranjith Bramanpalli** ..... 156  
Product Application Engineer  
Würth Elektronik eiSos  
Ranjith.Bramanpalli@we-online.de



**Niklas Bulk** ..... 186  
Project Engineer  
Information Technology  
Phoenix Testlab  
bulk.niklas@phoenix-testlab.de

## D



**Thomas Dörfler** ..... 122  
Geschäftsführer  
Embedded Brains  
info@embedded-brains.de

## E



**Christian Eder** ..... 85  
Director Marketing  
Congatec  
Christian.Eder@congatec.com

## F



**Bernd Fuhlert** ..... 198  
Datenschutz- und Sicherheitsexperte,  
Geschäftsführer  
@-yet  
bernd.fuhlert@add-yet.de



**Thomas Fischer** ..... 144  
Geschäftsführer  
Fischer Elektronik  
info@fischerelektronik.de

## G



**Stefano Gallinaro** ..... 174  
Strategic Marketing Manager  
Analog Devices  
stefano.gallinaro@analog.com



**Timo Gassauer** ..... 181  
Product Marketing Manager  
Power Electronic Stacks  
Semikron Elektronik  
timo.gassauer@semikron.com



**Katrin Geier** ..... 58  
Redakteurin Marketing  
Insys icom  
kgeier@insys-tec.de



**Hubertus Grobbel** ..... 195  
Leiter des Geschäftsbereichs Security  
Products  
Swissbit  
hubertus.grobbel@swissbit.com

## H



**Silke Hanebuth** ..... 65  
Marketing & Kommunikation  
wts electronic components  
silke.hanebuth@wts-electronic.de



**Bernd Hantsche** ..... 180, 193  
Marketing Director Embedded & Wireless  
Rutronik  
Bernd.Hantsche@rutronik.com



**Jürgen Harpain** ..... 150  
Entwicklungsleiter  
Fischer Elektronik  
j.harpain@fischerelektronik.de



**Markus Häcki** ..... 166  
Product Manager  
Schurter  
markus.haeki@schurter.ch



**Jürgen Häring** ..... 112  
Leiter des Produktmanagements im Bereich  
Test und Validierung  
ETAS  
Juergen.Haering@etas.com



**Markus Hell** ..... 207  
Head of Product Marketing  
Touch Solutions  
Data Modul  
mhell@data-modul.com



**Mark Hermeling** ..... 190  
Senior Director Product Marketing  
Grammatech  
mhermeling@grammatech.com



**Peter Hoser** ..... 79  
Director Sales OEM  
Fujitsu Technology Solutions  
peter.hoser@ts.fujitsu.com



**Dominik Huwig** ..... 171  
CEO  
Etatronix  
dominik.huwig@etatronix.de

## J



**Jennifer Joseph** ..... 168  
Technical Marketing Manager  
ON Semiconductor  
jennifer.joseph@onsemi.com

## K



**Michael Kanellos** ..... 55  
Technologeanalyst  
OSISOFT  
mkanellos@osisoft.com



**Johan Karlsson** ..... 109  
Senior Consultant  
Perforce Software  
jkarlsson@perforce.com



**Maximilian Kolpak** ..... 91  
Product Solution Manager  
MEN Mikro Elektronik  
maximilian.kolpak@men.de



**Christoph Kutzera** ..... 210  
Sales Engineer und Leiter der IT  
Garz & Fricke  
kutzera@garz-fricke.com

## L



**Stephan Leng** ..... 145  
Produktmanagement Geschäftsgebiet  
Elektronik  
Heitec  
electronics@heitec.de



**Andreas Lipowsky** ..... 119  
Geschäftsführer  
Lipowsky Industrie-Elektronik  
info@lipowsky.de



**Pierre Lohrber** ..... 64  
Division Manager Kondensatoren und  
Widerstände  
Würth Elektronik eiSos  
pierre.lohrber@we-online.de

## M



**Harald Maier** ..... 88  
Business Development Manager x86 / IoT  
TQ-Systems  
harald.maier@tq-group.com

 **Andreas Mangler**.....160  
 Director Strategic Marketing & Communications  
 Rutronik  
 Andreas.Mangler@rutronik.com

 **William Marshall** .....93  
 Content Editor Semiconductors  
 RS Components  
 william.marshall@rs-components.com

 **Adrian Michael** .....68  
 Product Marketing Power Resistors, Draloric/  
 Beyschlag Division  
 Vishay Electronic  
 adrian.michael@vishay.com

 **Stephan Meyer-Loges** .....204  
 Projektleiter  
 Garz & Fricke  
 Stephan.Meyer-Loges@garz-fricke.com

**N**

 **Michael Nordholz** .....136  
 Produktmanager  
 Leiterplatten-Anschlusstechnik  
 Phoenix Contact  
 mnordholz@phoenixcontact.com

**O**

 **Imad Owaineh** .....174  
 International Business Development  
 Watt & Well  
 imad.owaineh@wattandwell.com

**P**

 **Mark Patrick**.....76, 96  
 Technical Marketing Manager EMEA  
 Mouser Electronics  
 mark.patrick@mouser.com

 **Roland Peindl**.....82  
 Produktmanager der DATALynx-Familie  
 B-plus  
 marketing@b-plus.com

 **Kosmas Petridis** .....112  
 Senior Product Manager für COSYM  
 ETAS  
 Kosmas.Petridis@etas.com

 **Richard Pinnow**.....101  
 Product Marketing, Embedded Solutions  
 Data Modul  
 rpinnow@data-modul.com

**Q**

 **Frank Quast**.....132  
 Head of Product Management Han  
 Harting Electric  
 Frank.Quast@harting.com

**R**

 **Jesper Rasmussen**.....184  
 Director Electronic Components  
 Conrad Electronic  
 laura.iaccarino@conrad.de

 **Michael Roach** .....65  
 Technical Sales Manager  
 AEM Components  
 mroach@aemcomponents.com

 **Arthur Rönisch** .....118  
 Geschäftsführer  
 Turck Duotec  
 a.roenisch@turck-duotec.com

**S**

 **Christine Schäfer** .....82  
 Marketing  
 B-plus  
 T+49/991/270302/0  
 marketing@b-plus.com

 **Fabian Seymer** .....128  
 Global Head of Product Management Circular  
 Connectors  
 ODU  
 T+49/8631/6156/1697  
 fabian.seymer@odu.de

 **Frank Schirrmeyer** .....106  
 Senior Group Director  
 Product Management  
 System and Verification Group  
 Cadence  
 franks@cadence.com

 **Bertram Schott**.....68  
 Manager Sales Continental  
 Vishay Europe Sales  
 bertram.schott@vishay.com

 **Walter Siegert** .....205  
 Technisches Projektmanagement  
 Deuta-Werke  
 walter.siegert@deuta.de

 **Rudolf Sosnowsky**.....129  
 Leiter Technik  
 HY-LINE Computer  
 Components Vertriebs  
 Ir-sosnowsky@hy-line.de

 **Pelle Svensson**.....138  
 Product Marketing Manager  
 U-Blox  
 pelle.svensson@u-blox.com

**T**

 **André Tausche**.....71  
 Geschäftsführer  
 FTCAP  
 info@ftcap.de

**V**

 **Deepa Vijayaraghavan**.....112  
 Solution Managerin für Virtualisierung im  
 Bereich Test und Validieren  
 ETAS  
 Deepa.Vijayaraghavan@etas.com

**W**

 **Daniel Walldorf**.....134  
 Industrial IoT Platforms & Ventures  
 TE Connectivity  
 daniel.walldorf@te.com

 **Wolfgang Wanner** .....54  
 Senior Manager  
 Insys lcom  
 wwanner@insys-tec.de

 **Thomas Windeck**.....148  
 Sales Manager  
 CTX Thermal Solutions  
 info@ctx.eu

**Z**

 **Konrad Zöpf**.....99  
 Produktmanager ARM  
 TQ-Systems  
 konrad.zoepf@tq-group.com

# Firmenverzeichnis

## NUMERISCH

@-yet ..... 198

## A

Analog Devices ..... 174  
 Arrow Central Europe ..... 14  
 Austerlitz Electronic ..... 15

## B

b-plus ..... 16, 82  
 Beta Layout ..... 187

## C

Cadence ..... 17, 106  
 Codico ..... 18  
 Congatec ..... 85  
 Conrad Electronic ..... 19, 184  
 CTX Thermal Solutions ..... 148

## D

Data Modul ..... 20, 101, 207  
 dataTec ..... 21  
 Deuta Werke ..... 205  
 Deutronic Elektronik ..... 22  
 Display Elektronik ..... 211

## E

Elektrosil ..... 23  
 Elma Electronic ..... 24  
 Embedded Brains ..... 122  
 ETAS ..... U2, 25, 103, 104, 112  
 Etatronix ..... 171

## F

Fischer Elektronik ..... 26, 141, 142, 144, 147, 150  
 FTCAP ..... 71

Fuji Electric Europe ..... 27  
 Fujitsu Technology Solutions ..... 79

## G

Garz & Fricke ..... 28, 201, 202, 204, 210  
 Grammatech ..... 190

## H

Harting ..... 29, 132  
 Heitec ..... 30, 145  
 Hilscher ..... 12, 31  
 Hy-Line Computer Components ..... 32, 129

## I

Insys Microelectronics ..... 33, 53, 54, 58

## K

Kingbright Electronic ..... 34

## L

Lipowsky Industrie-Elektronik ..... 119

## M

Maxon Motor ..... 35  
 MEN Mikro Elektronik ..... 91  
 MES Electronic Connect ..... 185  
 Microchip ..... 159  
 Mitsubishi Electric Europe ..... 36, 153, 154, U4  
 Mornsun Power ..... 37, 165  
 Mouser Electronics ..... 38, 76, 96

## O

ODU ..... 125, 126, 128, 133  
 ON Semiconductor ..... 168  
 Osisoft ..... 55

## P

Perforce Software ..... 109  
 Phoenix Contact ..... 136  
 Phoenix Testlab ..... 39, 183, 186

## R

Recom Power ..... 40, 163  
 Rogers Germany ..... 41  
 RS Components ..... 93  
 Rübsamen & Herr ..... 42  
 Rutronik ..... 43, 160, 177, 178, 180, 193

## S

Schurter ..... 166  
 Semikron ..... 44, 157, 181  
 Swissbit ..... 45, 195  
 Syslogic ..... 46

## T

TE Connectivity ..... 134  
 Tianma Europe ..... 47, 209  
 TQ-Systems ..... 48, 73, 74, 88, 99  
 Traco Electronic ..... 49  
 Turck Duotec ..... 50, 115, 116, 118

## U

U-blox ..... 138

## V

Vishay ..... 68

## W

Watt & Well ..... 174  
 Wima ..... 51  
 wts electronic components ..... 52, 65  
 Würth Elektronik eiSos ..... 61, 62, 64, 67, 156

# Redaktionsbeirat



**Josef Behammer**  
ist Leiter des Marketings  
bei B-Plus  
T +49/991/270302-0  
josef.behammer@b-plus.com



**Frank Behrens**  
ist PR & Advertising Manager Central Europe  
bei RS Components  
T +49/6105/401803  
frank.behrens@rs-components.com



**Lars Brickenkamp**  
ist Senior Vice President & General Manager  
bei TE Connectivity  
T +49/6151/607/3479  
lars.brickenkamp@te.com



**Christian Eder**  
ist Director Marketing  
bei Congatec  
T +49/991/2700-146  
christian.eder@congatec.com



**Thomas Grasshoff**  
ist Leiter des Strategischen Marketings  
bei Semikron  
T +49/911/6559-868  
thomas.grasshoff@semikron.com



**Volker Haag**  
ist Vice President Technology  
bei Nvent  
T +49/7082/794/695  
volker.haag@nvnt.com



**Wolfgang Heinz-Fischer**  
ist International Business Development  
Director  
bei der TQ-Group  
T +49/8153/9308-475  
heifi@tq-group.com



**Frank Schirrmeister**  
ist Senior Group Director, Product  
Management  
bei Cadence  
T +1/408/455/7290  
franks@cadence.com



**Dr. Joachim Schlosser**  
ist Senior Manager  
bei Elektrot Automotive  
T +49/9131/7701/6061  
joachim.schlosser@elektrot.com



## IMPRESSUM

### Herausgeber

Kilian Müller

### Redaktion

Florian Streifinger (Managing Editor/verantwortlich/-28),  
Isabell Diedenhofen (-38), Selina Doulah (-34),  
Anna Gampenrieder (-23), Ragna Iser (-98),  
Demian Kutzmutz (-37) Florian Mayr (-27)

**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net

### Anzeigen

Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich/-18),  
Vitor Amaral de Almeida (-24), Caroline Häfner (-14),  
Veronika Muck (-19), Maja Pavlovic (-17), Julia Rinklin (-10),  
Katrin Späth (-99);  
Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2018

### Sales Services

Ilka Gärtner (-21), Franziska Gallus (-16);  
sales@publish-industry.net

### Marketing & Vertrieb

Anja Müller (Head of Marketing),  
Alexandra Zeller (Product Manager Magazines)  
David Löffler (Kampagnenmanager)

### Herstellung

Veronika Blank-Kuen

### Verlag

publish-industry Verlag GmbH  
Machtlfinger Straße 7  
81379 München, Germany  
Tel. +49.(0)151.58 21 19-00  
info@publish-industry.net  
www.publish-industry.net

### Geschäftsführung

Kilian Müller, Frank Wiegand

### Leser- & Aboservice

Tel. +49.(0)61 23.92 38-25 0  
Fax +49.(0)61 23.92 38-2 44  
leserservice-pi@vuservice.de

### Abonnement

Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der E&E  
(derzeit 9 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und  
Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährliche, als  
Sondernummer erscheinende E&E-Kompodium.

### Jährlicher Abonnementpreis

Ein JAHRES-ABONNEMENT der E&E ist zum Bezugspreis von  
57,60 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland und MwSt.  
erhältlich (Porto Ausland: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa  
außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 €  
pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl. Versandkosten und MwSt.  
zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch  
auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes.  
Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen,  
die E&E für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten, werden  
angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an:  
leserservice-pi@vuservice.de

### Einzelbezugspreis

Das E&E-Kompodium kann beim Verlag als Einzelexemplar  
zum Preis von EUR 39,90 inkl. Versand in Deutschland und inkl.  
MwSt. bestellt werden. Bestellungen richten Sie bitte an:  
leserservice-pi@vuservice.de

**ISSN-Nummer** 1869-2117

**Postvertriebskennzeichen** 30771

### Gestaltung & Layout

Layoutstudio D. Haberlandt, Beethovenstraße 2a,  
85435 Erding

### Druck

Firmengruppe APPL, sellier-druck GmbH, Angerstraße 54,  
85354 Freising, Germany

### Gerichtsstand

München

### Nachdruck

Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und  
Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos  
und Illustrationen. Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung  
redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verla.

### So erreichen Sie uns:

**Bei Fragen an die Redaktion**  
Tel. +49.(0)151.58 21 19-00  
newsdesk@publish-industry.net

### Internet

WWW.INDUSTR.COM

### Facebook

www.facebook.de/INDUSTRCOM



# Stichwortverzeichnis

## NUMERISCH

48-V-Bordnetz ..... 166

## A

ADAS ..... 122  
 Agile Softwareentwicklung ..... 109  
 Amortisation ..... 181  
 Analyse Tool ..... 190  
 Anlagensicherheit ..... 198  
 ARM-Prozessor ..... 9, 88  
 Augmented Reality ..... 76  
 Automationstechnik ..... 134  
 Autonome Fahrzeuge ..... 82, 112, 122  
 Autonome Flugdrohne ..... 95  
 Autonome Steuerung ..... 82

## B

Batterielebensdauer ..... 163  
 Batteriemodule ..... 163  
 Batteriespeichersysteme ..... 76  
 Bauteilintegration ..... 168  
 Bedienterminals ..... 206  
 Big Data ..... 96  
 Blitz Ductor ..... 59  
 Blitz- & Überspannungsschutz ..... 58, 132  
 Bluetooth ..... 138  
 Bonding ..... 207  
 Bordnetz ..... 166  
 Box-Industrie-PC ..... 80  
 Bussysteme ..... 119

## C

CAN-Bus ..... 119  
 Cloud Computing ..... 88, 96  
 COM Express ..... 91  
 Cover-Glas ..... 207  
 Cybersecurity ..... 193, 195, 198

## D

Datenlogger ..... 123  
 Datenschutz ..... 198  
 Datenverschlüsselung ..... 193, 195  
 Datenvolumen ..... 186  
 Design for Manufacturability ..... 184  
 Digital Factory ..... 134  
 DisplayPort ..... 129  
 DRAM ..... 76

## E

Edge-Server ..... 90, 99  
 Elektrofahrzeug ..... 64, 113  
 Elektromagnetismus ..... 156  
 Elektromobilität ..... 68  
 Elektronik im Fahrzeug ..... 112, 166  
 Elektronikdesign ..... 110  
 Elektronikgehäuse ..... 145, 148  
 Embedded Design ..... 85  
 Embedded-System ..... 102, 161  
 EMV-Schutz ..... 148, 156  
 Energieeffizienz ..... 163

## F

Fahrzeugentwicklung ..... 82, 112  
 Fernwartung ..... 59  
 Fertigungs-IT ..... 135

Filmkondensatoren ..... 70  
 Flash-Speicher ..... 76  
 Fog-Computing ..... 90  
 FPGA ..... 96, 108, 123

## G

Gehäuse ..... 145, 146, 148, 169  
 Gerätesteckverbindung ..... 136

## H

Halbleiter ..... 168  
 Hot Swap ..... 108  
 Hybrid-Fahrzeuge ..... 64

## I

IIoT .....  
 Induktive Übertragung ..... 171  
 Induktives Laden ..... 171  
 Industrial Internet of Things ..... 138  
 Industrie 4.0 ..... 18, 56, 138, 198  
 Industriegehäuse ..... 145  
 Intelligente Verschlüsselungsgeräte ..... 195  
 Interconnectsarchitektur ..... 107  
 Internet of Things ..... 56, 76, 79, 88, 89, 99, 106, 138, 163, 186, 210  
 IP-Schutz ..... 149  
 IPC ..... 79  
 IT-Sicherheit ..... 198

## K

Kabelloses Laden ..... 171  
 Kabelverbindung ..... 129  
 Kommunikationsinfrastruktur ..... 134  
 Komplettsystem ..... 79  
 Kondensatoren ..... 70  
 Kryptochip ..... 195  
 Kryptographie ..... 193, 195  
 Kühlkörper ..... 150  
 Künstliche Intelligenz ..... 84

## L

LED-Kühlkörper ..... 152  
 Leistungswiderstand ..... 68  
 Leiterplatten-Steckverbinder ..... 136  
 Leiterplattenanschlusstechnik ..... 136  
 Lieferkette ..... 184  
 Linux ..... 96  
 Lithium-Ionen-Akku ..... 160

## M

M2M-Kommunikation ..... 186, 195  
 Marktentwicklung ..... 181  
 MEMS ..... 95  
 MLCC ..... 184  
 Modulares Steckverbindersystem ..... 136  
 MOSFET ..... 170

## O

OEM ..... 124  
 Offshore-Windkraft ..... 70  
 Optical-Bonding-Prozess ..... 207  
 Optische Datenübertragung ..... 130  
 Outsourcing ..... 181

## P

Präventive Wartung ..... 56  
 Produktlebenszyklen ..... 18  
 Prozessor ..... 91  
 Pulsbelastbarkeit ..... 68

## R

Radarsensor ..... 122  
 Raue Umweltbedingungen ..... 70  
 Rugged COM Express ..... 91

## S

Scanning-Lidar-System ..... 122  
 Security ..... 193, 195, 198  
 Security by Design ..... 198  
 Sensoren ..... 93  
 SiC-MOSFETs ..... 158  
 Sichere Datenkommunikation ..... 193  
 Sicherheitshardware ..... 193  
 Sicherung ..... 166  
 Smart City ..... 210  
 Smarte Fabrik ..... 140  
 Smarte Infrastruktur ..... 210  
 Software Development Lifecycle ..... 190  
 Software für Fernwartung ..... 57  
 Softwareentwicklung ..... 109, 190  
 Speicherinduktivität ..... 156  
 Speichertechnologien ..... 76  
 State of Health (SOH) ..... 160  
 Steuergeräte ..... 114  
 Strahlung ..... 156  
 Stromtankstelle ..... 210  
 Superkondensator ..... 162  
 System-on-Chip (SoC) ..... 106

## T

TFT-LCD ..... 206  
 Time-to-Market ..... 181  
 Touch Panel ..... 210  
 Touchdisplay ..... 207

## U

Überlastschutz ..... 64  
 Überspannungsschutz ..... 132  
 Überspannungsschutzmodul ..... 132  
 Überstromschutz ..... 170  
 Umweltsensorik ..... 93, 113  
 USB-C ..... 101  
 USB-Type-C ..... 85, 101  
 USB-Interface ..... 85, 86  
 USB-Steckverbinder ..... 85

## V

Veredelung ..... 207  
 Verlustleistung ..... 99  
 Vernetzung ..... 57  
 Virtueller Leitstand ..... 206

## W

Wandgehäuse ..... 146  
 WiFi ..... 138

## X

X86 ..... 90

**publsh  
industry  
magazine**

Publsh-Industry Verlag

Publsh-Industry Verlag  
Frankfurt/Main



E&E inspiriert Menschen zu faszinierenden Elektronikentwicklungen -  
als Treibfeder des Fortschritts in unserer globalen Gesellschaft.



Jetzt kostenfrei Leser werden. [www.publsh-industry.net/abo](http://www.publsh-industry.net/abo)

